

**Air/fuel ratio control unit for IC engines controls temperatures of catalytic converters in series with different heat capacities by an alternating cycle of lean/fat fuel mixtures**

**Publication number: DE10038655**

**Publication date:** 2001-02-15

**Inventor:** YAMASHITA YUKIHIRO (JP)

**Applicant:** DENSO CORP (JP)

**Classification:**

- international: **B60K6/04; F01N3/08; F02D41/02; F02D41/14; F01N7/02; B60K6/00; F01N3/08; F02D41/02; F02D41/14; F01N7/00; (IPC-1-7): F01N11/00; F02D41/30**

- european: **B60K6/04D2; B60K6/04H4B; F01N3/08B10; F02D41/02C4B4; F02D41/14D1D**

**Application number:** DE20001038655 20000808

**Priority number(s):** JP19990225331 19990809

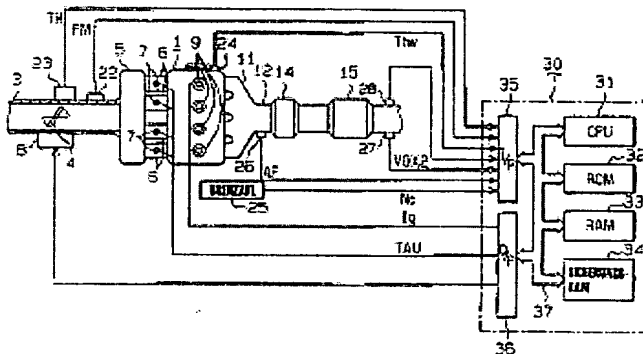
**Also published as:**

US6311482 (B1)  
JP2001050086 (A)

**Report a data error here**

## Abstract of DE10038655

The engine has two catalytic converters, one (14), for the starting period, adjacent to the exhaust manifold (11) and a larger, main converter (15) downstream of it. To bring them up to operating temperature an alternating air/fuel injection cycle of lean and fat mixtures is performed controlled by an air/fuel ratio control unit (30). This cycle includes a period when the lean and fat constituents in the exhaust gas react with the smaller converter and a period during which a non-reacting exhaust gases passes through it



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**BEST AVAILABLE COPY**



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 38 655 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 01 N 11/00**  
F 02 D 41/30

②1 Aktenzeichen: 100 38 655.5  
②2 Anmeldetag: 8. 8. 2000  
④3 Offenlegungstag: 15. 2. 2001

DE 100 38 655 A 1

③0 Unionspriorität:  
11-225331 09. 08. 1999 JP

⑦1 Anmelder:  
Denso Corp., Kariya, Aichi, JP

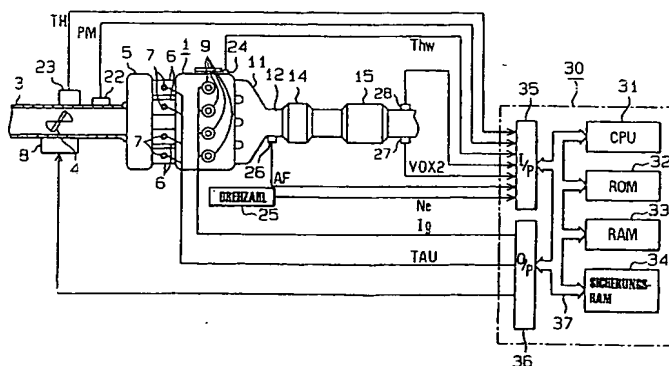
⑦4 Vertreter:  
Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner, 80336 München

⑦2 Erfinder:  
Yamashita, Yukihiro, Kariya, Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Luftkraftstoffverhältnisregelgerät für Brennkraftmaschinen

⑤7 Ein Luftkraftstoffverhältnisregelgerät für Brennkraftmaschinen weist Abgasreinigungskatalysatoren (14, 15) auf, die an der stromaufwärtigen und stromabwärtigen Seite eines Abgaskanals (12) einer Brennkraftmaschine (1) montiert sind, eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung (7) zum Einspritzen einer Sollmenge an Kraftstoff in einen Zylinder der Brennkraftmaschine hinein in Übereinstimmung mit einem Motorbetriebszustand und eine ECU (30). Die ECU ändert ein Luftkraftstoffverhältnis zu mageren und fetten Beträgen durch abwechselndes Erhöhen und Vermindern der Kraftstoffeinspritzmenge. Das Mager-/Fettumschalten des Abgasluftkraftstoffverhältnisses wird durchgeführt bei einem Intervall einschließlich einer Periode, während der magere und fette Bestandteil aus dem Abgas mit dem stromaufwärtigen Katalysator reagieren, und einer Periode danach, während der ein nicht reagierendes Abgas durch den stromaufwärtigen Katalysator hindurchtritt.



DE 100 38 655 A 1

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Luftkraftstoffverhältnisregelgerät für Brennkraftmaschinen, die einen Katalysator verwenden zum Reinigen von Abgasen auf der stromaufwärtigen und stromabwärtigen Seite der Abgasleitung der Brennkraftmaschine, um dadurch das Luftkraftstoffgemischverhältnis durch Regulieren der Kraftstoffeinspritzmenge in die Zylinder zu regeln gemäß Motorbetriebszuständen.

Als eine herkömmliche Technologie zum Aufwärmen eines Abgasreinigungskatalysators in einer kurzen Zeitperiode wird das Einspritzschwanken vorgeschlagen, um die Kraftstoffeinspritzmenge zu erhöhen und zu vermindern, um abwechselnd Kraftstoff abzumagern und anzufetten in Relation zu dem stöchiometrischen Luftkraftstoffverhältnis ( $\lambda = 1$ ). Das Einspritzschwanken wird durchgeführt für die Zufuhr von Sauerstoff ( $O_2$ ) und unverbranntem Kraftstoff (HC und CO) zu dem Katalysator durch Erhöhen oder Vermindern der einzuspritzenden Kraftstoffmenge für eine Reaktion und Erwärmen in der Anwesenheit des Katalysators, um dadurch die Katalysatortemperatur anzuheben zum Erzielen einer frühen Aktivierung des Katalysators. Wenn im Allgemeinen das Einspritzschwanken ausgeführt wird, wird das Sollluftkraftstoffverhältnis umgeschaltet durch Abmagern und Anfetten des Kraftstoffs in Intervallen von 1 bis 5 Einspritzungen durch die Kraftstoffeinspritzeinrichtungen.

Das Verfahren zum Bewirken der Katalysatoraktivierung durch Einspritzschwanken ist jedoch nur wirksam zum Aufwärmen eines Katalysators von einem kalten Zustand. Bei einem System, bei dem Katalysatoren in Reihe in der Abgasleitung angeordnet sind, wird jedoch der stromaufwärtige Katalysator früh erwärmt. Wenn das Einspritzschwanken aufrechterhalten wird nach der Vollendung des Aufwärmens des Katalysators, wird der Katalysator auf der stromaufwärtigen Seite überhitzt, wobei die zulässige Temperatur überschritten wird. Wenn jedoch das Einspritzschwanken angehalten wird bei der Vollendung des Katalysatorerwärmens bei einem Versuch, diesen Nachteil zu vermeiden, wird ein derartiges Problem stattfinden, dass der Katalysator auf der stromabwärtigen Seite nicht auf eine Solltemperatur sinken wird.

In dem Dokument JP-A-8-158858 ist ein vorderer Katalysator an der stromaufwärtigen Seite der Abgasleitung montiert, während ein Hauptkatalysator an der stromabwärtigen Seite angeordnet ist. Während der Periode der Aktivierung des vorderen Katalysators nach dem Start des Motors steigt die Abgastemperatur an, um zwangsweise den vorderen und Hauptkatalysator zu aktivieren. Nach der Aktivierung des vorderen Katalysators wird der Abgastemperaturanstieg angehalten und der Hauptkatalysator wird aktiviert durch die Verwendung des Einspritzschwankens, das das Luftkraftstoffverhältnis erhöht und vermindert. Das Überhitzen des vorderen Katalysators kann verhindert werden.

Bei diesem Gerät wird jedoch das Einspritzschwanken ausgeführt nach der Aktivierung des vorderen Katalysators. Das Erwärmen des vorderen Katalysators kann nicht verhindert werden, wodurch ein Problem des Überhitzens des Katalysators auftritt. Auch wenn versucht wird, das Erwärmen des vorderen Katalysators zu hemmen, wird ein derartiges Problem auftreten, dass sich eine Aktivierungswirkung des Hauptkatalysators verschlechtert.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Schaffung eines Luftkraftstoffverhältnisregelgeräts für Brennkraftmaschinen, das in der Lage ist, die Temperatur beider in Reihe in einer Abgasleitung vorgesehener Katalysatoren geeignet zu steuern, um dadurch eine wirksamere Reinigung des Abgases zu gewährleisten.

Erfindungsgemäß weist ein Luftkraftstoffverhältnisregelgerät für Brennkraftmaschinen folgendes auf: Abgasreinigungskatalysatoren, die an stromaufwärtigen und stromabwärtigen Seiten eines Abgaskanals einer Brennkraftmaschine montiert sind, eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung zum Einspritzen einer Sollmenge von Kraftstoff in einen Zylinder der Brennkraftmaschine hinein in Übereinstimmung mit einem Motorbetriebszustand, und eine elektronische Regeleinheit. Die Regeleinheit ändert ein Luftkraftstoffverhältnis zu mageren und fetten Beträgen durch abwechselndes Erhöhen und Vermindern der Menge der Kraftstoffeinspritzung. Die Mager-/Fettumschaltung des Abgasluftkraftstoffverhältnisses wird durchgeführt bei einem Intervall einschließlich einer Periode, während der die mageren und fetten Bestandteile in dem Abgas mit dem stromaufwärtigen Katalysator reagieren, und einer Periode danach, während der ein nichtreagiertes Abgas durch den stromaufwärtigen Katalysator hindurchtritt.

Andere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden ersichtlich aus der folgenden detaillierten Beschreibung im Zusammenhang mit den beigefügten Zeichnungen.

Bei den Zeichnungen:

zeigt Fig. 1 ein schematisches Diagramm eines Motorregelsystems als ein Ausführungsbeispiel eines Luftkraftstoffverhältnisregelgeräts gemäß, einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

zeigt Fig. 2 ein schematisches Diagramm eines bei dem ersten Ausführungsbeispiel vorgesehenen Motorabgassystems;

zeigt Fig. 3 ein Zeitgebungsdiagramm eines Betriebs einer bei dem ersten Ausführungsbeispiel ausgeführten Einspritzschwankungsregelung;

zeigt Fig. 4 ein Ablaufdiagramm einer bei dem ersten Ausführungsbeispiel ausgeführten Kraftstoffeinspritzregelroutine;

zeigt Fig. 5 ein Ablaufdiagramm eines Teils einer bei dem ersten Ausführungsbeispiel ausgeführten Sollluftkraftstoffverhältnisseinrichteroutine;

zeigt Fig. 6 ein Ablaufdiagramm des anderen Teils der bei dem ersten Ausführungsbeispiel ausgeführten Sollluftkraftstoffverhältnisseinrichteroutine;

zeigt Fig. 7 ein Ablaufdiagramm einer bei dem ersten Ausführungsbeispiel ausgeführten Drehmomentkorrekturroutine;

zeigt Fig. 8 ein Ablaufdiagramm einer bei dem ersten Ausführungsbeispiel ausgeführten Schwankungsregelwertkorrekturroutine;

zeigt Fig. 9 ein Zeitgebungsdiagramm eines Betriebs der Schwankungsregelwertkorrektur bei dem ersten Ausführungsbeispiel;

zeigen Fig. 10A und 10B Zeitgebungsdiagramme von Sensorausgangswellengestalten vor und nach der Katalysatorverschlechterung jeweils;

zeigt Fig. 11 ein Zeitgebungsdiagramm, das insbesondere den Betrieb einer Luftkraftstoffverhältnisregelung bei dem ersten Ausführungsbeispiel zeigt;

zeigt Fig. 12 ein Zeitgebungsdiagramm eines Übergangs der Katalysatortemperatur während einer Verschlechterung und Regenerierung eines  $NO_x$  Katalysators bei dem ersten Ausführungsbeispiel;

zeigt Fig. 13 ein Zeitgebungsdiagramm eines Übergangs der Katalysatortemperatur während einem Motorstart bei dem ersten Ausführungsbeispiel;

zeigt Fig. 14 ein Ablaufdiagramm eines Teils der bei einem zweiten Ausführungsbeispiel ausgeführten Luftkraftstoffverhältnisregelroutine der vorliegenden Erfindung;

zeigt Fig. 15 ein schematisches Diagramm eines Hybrid-

motorfahrzeugs bei einem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 16 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Teils der bei dem dritten Ausführungsbeispiel ausgeführten Luftkraftstoffverhältnisregelroutine.

#### Erstes Ausführungsbeispiel

Ein Luftkraftstoffverhältnisregelgerät gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel ist in Fig. 1 gezeigt. Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist das Luftkraftstoffverhältnisregelgerät ausgeführt für einen Benzinmotor (Brennkraftmaschine) 1 für Kraftfahrzeuge. Bei diesem Gerät wird die in den Motor einzuspritzende Kraftstoffmenge reguliert, um das Luftkraftstoffgemischverhältnis mittels einer elektronischen Regeleinheit (ECU) 30 zu regeln. Darüber hinaus ist eine Vielzahl von Katalysatoren 14 und 15 in einer Abgasleitung 12 angeordnet zum Reinigen der Abgase, die durch eine Einspritzschwankungsregelung aktiviert werden, wodurch ein System zum wirksamen Reinigen der Abgase geschaffen wird.

Wie insbesondere in Fig. 1 gezeigt ist, ist der Motor 1 ein Vierzylinderviertaktmotor der fremdgezündeten Art. In den Motor 1 hinein zuzuführende Ansaugluft wird angesaugt bei einem Luftreiniger und tritt durch eine Ansaugleitung 3, eine Drosselklappe 4, einen Windkessel 5 und einen Ansaugkrümmer 6 von der stromaufwärtigen Seite aus hindurch. Die Ansaugluft wird dann in jedem Ansaugkrümmer 6 mit von einer Kraftstoffeinspritzeinrichtung 7 eingespritztem Kraftstoff vermischt, die an jedem Ansaugkrümmer 6 montiert ist. Das somit gebildete Luftkraftstoffgemisch mit einem vorgegebenen Luftkraftstoffverhältnis wird zu jedem Zylinder zugeführt. Dabei wird der Öffnungs- und Schließvorgang der Drosselklappe 4 elektronisch gesteuert durch ein Drosselklappenstellglied 8.

Jeder Zylinder des Motors ist mit einer Zündkerze 9 versehen, die das Luftkraftstoffgemisch in jedem Zylinder zündet bei einem vorgegebenen Zeitpunkt. Ein sogenanntes DLI System (verteilerlose Zündung) wird eingesetzt, das die Zündenergie von einer Zündspule unmittelbar zu der Zündkerze 9 in jedem Zylinder zuführt und nicht über einen Verteiler. Das von jedem Zylinder herauskommende Abgas nach der Verbrennung tritt durch Abgaskrümmer 11 hindurch und durch die Abgasleitung 12. Nach dem Hindurchtreten durch einen in der Abgasleitung 12 vorgesehenen Dreizeigekatalysator 14 strömt das Abgas weiter durch einen  $\text{NO}_x$  Katalysator 15 hindurch und wird dann schließlich in die Atmosphäre abgegeben.

Der Dreizeigekatalysator 14 hat eine relativ kleine Kapazität und wirkt als ein Startkatalysator, der schnell aktiviert wird bei der Motorstartperiode. Der  $\text{NO}_x$  Katalysator 15 ist von einer Adsorptionsreduktionsart, die wirkt zum Adsorbieren von in den Abgasen vorhandenem  $\text{NO}_x$  während einer Verbrennung hauptsächlich bei einem mageren Luftkraftstoffverhältnis und dann die  $\text{NO}_x$  wieder abgibt nach der Reduktion mit fetten Bestandteilen ( $\text{CO}$ ,  $\text{HC}$  etc.), die während der Verbrennung mit dem mageren Luftkraftstoffverhältnis adsorbiert wurden.

In der Ansaugleitung 3 ist ein Ansaugdrucksensor 22 vorgesehen zum Erfassen eines Unterdrucks in der Ansaugleitung (Ansaugdruck PM) an der stromabwärtigen Seite der Drosselklappe 4. Die Drosselklappe 4 ist mit einem Drosselsensor 23 gekoppelt zum Erfassen eines Öffnungswinkelbetrags der Drosselklappe 4 (Drosselöffnungswinkel TH). Der Drosselsensor 23 wirkt als ein Ausgang eines analogen Signals in Übereinstimmung mit dem Drosselöffnungswinkel TH. Der Drosselsensor 23 hat einen eingebauten Leerlaufschalter, der auch ein Erfassungssignal abgibt, wenn sich die

Drosselklappe 4 bei ihrer vollständig geschlossenen Position befindet.

In den Zylinderblock des Motors 1 ist ein Kühlmitteltemperatursensor 24 eingebaut. Der Kühlmitteltemperatursensor 24 erfasst die Motorkühlmitteltemperatur Thw. An einer (nicht gezeigten) Kurbelwelle ist ein Motordrehzahlsensor 25 montiert zum Erfassen der Drehzahl des Motors 1 (Motordrehzahl Ne). Der Motordrehzahlsensor 25 gibt 24 Impulssignale in gleichmäßigen Intervallen ab bei jeweils zwei Umdrehungen der Kurbelwelle, das heißt bei  $720^\circ\text{KW}$  (Kurbelwinkel).

In der Abgasleitung 12 ist ein Luftkraftstoffverhältnissensor 26 der Grenzstromart an der stromaufwärtigen Seite des Dreizeigekatalysators 14 angeordnet und eine Lamdasonde (hintere Lamdasonde) ist an der stromabwärtigen Seite des  $\text{NO}_x$  Katalysators 15 montiert. Der Luftkraftstoffverhältnissensor 26 gibt ein breites lineares Luftkraftstoffverhältnissignal (AF) ab proportional zu der Sauerstoffkonzentration in dem Abgas (oder der Konzentration von Kohlenmonoxid  $\text{CO}$  in dem unverbrannten Gas). Die hintere Lamdasonde 27 gibt ein elektromotorisches Kraftsignal (VOX2) ab, das anzeigt, dass sich das Luftkraftstoffverhältnis des Abgases ändert, das heißt ein mageres oder fettes Gemisch. Bei der stromabwärtigen Seite des  $\text{NO}_x$  Katalysators 15 ist ein Katalysatortemperatursensor 28 vorgesehen zum Erfassen der Temperatur des  $\text{NO}_x$  Katalysators 15.

Die ECU 30 ist aufgebaut als ein arithmetischer Berechnungsschaltkreis einschließlich einer CPU 31, eines ROM 32, eines RAM 33 und eines Sicherungs-RAM 34. Die ECU 30 ist mit jedem Sensor und Stellglied verbunden über einen Bus 37, einen Eingangsanschluss 35 und einen Ausgangsanschluss 36. Der Eingangsanschluss 35 dient dem Eingeben eines Erfassungssignals von jedem Sensor und der Ausgangsanschluss 36 dient dem Abgeben eines Steuersignals zu jedem Stellglied. Die ECU 30 gibt Erfassungssignale (Ansaugdruck PM, Drosselöffnungswinkel TH, Kühlmitteltemperatur Thw, Motordrehzahl Ne, Luftkraftstoffverhältnis AF etc.) von den verschiedenen Sensoren über den Eingangsanschluss 35 ein. Dann werden derartige Steuersignale zum Steuern der Kraftstoffeinspritzmenge TAU und des Zündzeitpunkts Ig berechnet auf der Grundlage dieser verschiedenen Werte und abgegeben zu den Kraftstoffeinspritzeinrichtungen 7 und den Zündkerzen 9 über den Ausgangsanschluss 36. Die ECU 30 treibt auch das Drosselklappenstellglied 8 an, um den Öffnungswinkel der Drosselklappe 4 einzustellen, wodurch die Ansaugluftmenge gesteuert wird, die zu dem Motor 1 zuzuführen ist.

Das vorliegende Ausführungsbeispiel beabsichtigt das Anheben der Temperatur des stromabwärtigen  $\text{NO}_x$  Katalysators 15 auf einen geeigneten Wert ohne dem Überhitzen des stromaufwärtigen Dreizeigekatalysators 14, der in der Abgasleitung 12 vorgesehen ist. Um dieses Ziel zu verwirklichen, wird eine Einspritzschwankungsregelung verwendet, um abwechselnd das Luftkraftstoffverhältnis zu ändern zwischen einem mageren Verhältnis und einem fetten Verhältnis relativ zu dem stöchiometrischen Luftkraftstoffverhältnis ( $\lambda = 1$ ). Die Temperatur des stromaufwärtigen und stromabwärtigen Katalysators 14 und 15 kann gesteuert werden wie erwünscht insbesondere durch Einstellen der mageren und fetten Umschaltperiode (die Anzahl der Einspritzungen) bei der Einspritzschwankungsregelung.

Die vorstehende Einspritzschwankungsregelung wird hier unter Bezugnahme auf Fig. 2 und Fig. 3 beschrieben. In Fig. 2 bezeichnet ein Punkt A einen Luftkraftstoffverhältnismesspunkt unmittelbar vor dem Dreizeigekatalysator 14 und der Punkt B bezeichnet einen Luftkraftstoffverhältnismesspunkt unmittelbar vor dem  $\text{NO}_x$  Katalysator 15.

Das Abgas mit der mageren oder fetten Atmosphäre wird

unmittelbar zu dem Dreizeigekatalysator 14 zugeführt, der sich nahe dem Motor 1 befindet, wenn das Luftkraftstoffverhältnis in dem Abgas von dem Motor 1 abgegeben wird während die Einspritzschwankungsregelung geändert wird zwischen fett und mager, wodurch eine Reaktion der mageren Bestandteile ( $O_2$ ) und der fetten Bestandteile (HC, CO) der Abgase vor und nach dem Umschalten des Luftkraftstoffverhältnisses ermöglicht wird. Das heißt, bei dem Punkt A unmittelbar vor dem Dreizeigekatalysator 14 reagieren die mageren Bestandteile und die fetten Bestandteile in dem in Fig. 3 gezeigten schraffierten Abschnitt, wodurch die Temperatur des Dreizeigekatalysators 14 in einem gewissen Ausmaß angehoben wird. Der schraffierte Abschnitt in Fig. 3 zeigt die mageren Bestandteile oder die fetten Bestandteile, die für eine Reaktion zeitweilig in dem Dreizeigekatalysator 14 verbleiben. Die Menge des mageren oder fetten Luftkraftstoffgemisches hängt von der Katalysatorkapazität ab.

Wenn der Zustand des mageren oder fetten Luftkraftstoffgemisches sich fortsetzt wird keine weitere Reaktion stattfinden zwischen den mageren und fetten Bestandteilen, wobei die Reaktion beendet wird. Deshalb tritt das Abgas ohne eine Reaktion durch den Dreizeigekatalysator 14 hindurch, wobei Wärme abgegeben wird, um dadurch das Absinken der Temperatur des Dreizeigekatalysators 14 graduell zu beginnen. Wegen der Einspritzschwankungsregelung wiederholt die Temperatur des Dreizeigekatalysators 14 das leichte Ansteigen und den Abfall. Im Allgemeinen bleibt jedoch die Katalysatortemperatur unverändert.

In der Zwischenzeit werden jedoch die mageren und fetten Bestandteile des Abgases, das durch den Dreizeigekatalysator 14 hindurchgetreten ist, vermischt beim Strömen in der Abgasleitung 12, wodurch ein durchschnittliches Luftkraftstoffgemischverhältnis bei dem Punkt B unmittelbar vor dem  $NO_x$  Katalysator 15 erreicht wird, wie in Fig. 3 gezeigt ist. Da dabei das Abgas einschließlich der mageren und fetten Bestandteile in einem gewissen Ausmaß gemittelt ist und zu dem  $NO_x$  Katalysator 15 zugeführt wird an der stromabwärtigen Seite, wird eine exotherme Reaktion bei dem  $NO_x$  Katalysator 15 beschleunigt, was zu einem nahezu gleichförmigen Temperaturanstieg des  $NO_x$  Katalysators 15 führt.

Bei der im Allgemeinen herkömmlich eingesetzten Einspritzschwankungsregelung wird das Mager-/Fettumschalten bewirkt in Intervallen von ungefähr 1 bis 5 Einspritzungen. Bei der Einspritzschwankungsregelung des vorliegenden Ausführungsbeispiels wird jedoch das Mager-/Fettumschalten in Intervallen von ungefähr 20 bis 100 Einspritzungen durchgeführt. Das Mager-/Fettumschaltintervall (Anzahl der Einspritzungen) während dem Einspritzschwanken wird vorzugsweise so eingerichtet, dass der Erwärmungswert und der Wärmefreigabewert gleich ist, wodurch die Temperatur des Dreizeigekatalysators 14 gehalten werden kann ohne einen Anstieg oder einen Abfall.

Als Nächstes wird eine Berechnung durch die CPU 31 zum Verwirklichen der vorstehend angeführten Einspritzschwankungsregelung erläutert unter Bezugnahme auf Ablaufdiagramme in Fig. 4 bis 8. Fig. 4 zeigt ein Ablaufdiagramm einer Kraftstoffeinspritzregelroutine, die durch die CPU 31 auszuführen ist. Die Routine wird ausgeführt bei jeder Kraftstoffeinspritzung in jeden Zylinder (alle  $180^\circ KW$ ).

Wenn zuerst beim Schritt 101 die Routine in Fig. 4 gestartet wird, werden Ergebnisse der Sensorfassung eingelesen, die den Motorbetriebszustand andeuten (Motordrehzahl Ne, Ansaugdruck PM und Kühlmitteltemperatur Thw). Bei dem folgenden Schritt 102 wird eine Grundeinspritzmenge  $T_p$  bei jeder Motordrehzahl Ne und Ansaugdruck PM berechnet unter Verwendung eines Grundeinspritzkennfelds, das in

dem ROM 32 vorher gespeichert ist. Dann beim Schritt 200 wird ein Sollluftkraftstoffverhältnis AFTG auf ein Istluftkraftstoffverhältnis geregelt.

Anschließend beim Schritt 103 wird ein Luftkraftstoffverhältniskorrekturkoeffizient FAF eingerichtet auf der Grundlage einer Abweichung zwischen dem Istluftkraftstoffverhältnis AF (Sensorfassungswert) und dem Sollluftkraftstoffverhältnis AFTG. Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird die Luftkraftstoffverhältniserückführregelung (F/B) auf der Grundlage der fortgeschrittenen Regeltheorie ausgeführt. Der auf der Grundlage des Ausgangs des Luftkraftstoffverhältnissensors 26 eingerichtete FAF Wert wird auf eine derartige Weise korrigiert, dass der Mittelwert FAF sich vermindert, um die eingespritzte Kraftstoffmenge zu reduzieren, wenn die Ausgangsspannung VOX2 der hinteren Lamdasonde 27 auf der stromabwärtigen Seite des  $NO_x$  Katalysators eine Vergleichsreferenzspannung überschreitet in Übereinstimmung mit dem stöchiometrischen Luftkraftstoffverhältnis. Es ist verständlich, dass natürlich die Rückführregelung bewirkt werden kann durch das PID Regelverfahren (proportional + integral + differenzierend).

Nach dem Einrichten des FAF Werts beim Schritt 104 wird die folgende Gleichung verwendet zum Berechnen der endgültigen Kraftstoffeinspritzmenge TAU aus der Grundeinspritzmenge  $T_p$ , dem Luftkraftstoffverhältniskorrekturkoeffizienten FAF und anderen Korrekturkoeffizienten FALL (verschiedene Korrekturkoeffizienten, wie beispielsweise Kühlmittelkorrektur, Klimaanlagenlast etc.).

$$TAU = T_p \cdot FAF \cdot FALL$$

Nach der Berechnung der Kraftstoffeinspritzmenge TAU wird ein Regelsignal proportional zu dem TAU Wert zu der Kraftstoffeinspritzrichtung 7 abgegeben, wodurch diese Routine beendet wird.

Die vorstehend angeführte Rückführregelung wird ausgeführt, wenn die Rückführbedingungen erfüllt sind. Das heißt, dass die Kühlmitteltemperatur Thw eine vorgegebene Temperatur überschreitet, der Motor weder bei einem Hochdrehzahl- noch bei einem Hochlastzustand betrieben wird und dass der Luftkraftstoffverhältnissensor 26 sich in einem aktivierten Zustand befindet. Wenn die Rückführbedingungen nicht eingerichtet sind, wird das Luftkraftstoffverhältnis im offenen Regelkreis gesteuert (FAF = 1,0).

Als Nächstes wird die Sollluftkraftstoffverhältnisseinrichteprozedur (Routine beim Schritt 200) erläutert unter Bezugnahme auf Ablaufdiagramme in Fig. 5 und 6. In dieser Routine wird die Fettregelung zeitweilig durchgeführt in dem Verlauf der Magerregelung. Das heißt, dass ein fettes Spülen durchgeführt wird. Bei der Magerregelung und der Fettpülregelung wird das Sollluftkraftstoffverhältnis AFTG wie erforderlich eingerichtet. Dabei wird das Sollluftkraftstoffverhältnis AFTG so eingerichtet, dass das Luftkraftstoffverhältnis ( $\lambda = 1$ ) abwechselnd zwischen mager und fett relativ zu dem stöchiometrischen Luftkraftstoffverhältnis.

Das Fettpülen beabsichtigt die Reduktion und Freigabe hauptsächlich von in dem  $NO_x$  Katalysator 15 adsorbierten  $NO_x$  mit den fetten Bestandteilen, wodurch die  $NO_x$  Reinigungskapazität des Katalysators wiederhergestellt wird. Die Einspritzschwankungsregelung wird durchgeführt, um nur die Temperatur des  $NO_x$  Katalysators 15 an der stromabwärtigen Seite zu erhöhen ohne einen Anstieg der Temperatur des Dreizeigekatalysators 15 an der stromaufwärtigen Seite.

Zunächst beim Schritt 201 in Fig. 5 wird eine Überprüfung durchgeführt, ob eine Einspritzschwankungsmarke FDITH bei "1" eingerichtet ist, die das Durchführen der Ein-

spritzschwankungsregelung anzeigt. Beim Schritt 202 wird auch überprüft, ob der  $\text{NO}_x$  Katalysator 15 einen Temperaturanstieg benötigt durch die Einspritzschwankungsregelung. Beispielsweise wird beim Schritt 202 ein "JA" bestimmt:

- (1) Wenn der Motor kalt gestartet wird;
- (2) wenn der  $\text{NO}_x$  Katalysator 15 inaktiv wird wegen eines Temperaturabfalls nach einem langen Leerlaufbetrieb; oder
- (3) wenn durch eine andere (nicht gezeigte) Routine ermittelt wird, dass der  $\text{NO}_x$  Katalysator 15 mit Schwefel verschlechtert ist.

Der vorstehende Punkt (1) kann ermittelt werden durch eine Information von einem Zündschlüsselvorgang, Kühlmitteltemperatur  $T_{hw}$  etc. Der vorstehende Punkt (2) kann ermittelt werden durch Überwachen der Temperatur des  $\text{NO}_x$  Katalysators 15 auf der Grundlage eines Erfassungsergebnisses durch den Katalysatortemperatursensor 28.

Die Verschlechterung des  $\text{NO}_x$  Katalysators 15, die in dem vorstehenden Punkt (3) angeführt ist, wird folgendermaßen ermittelt. Das heißt, dass bei der Fettregelung der Ausgang VOX2 der hinteren Lamdasonde 27 überwacht wird, wodurch die  $\text{NO}_x$  Adsorptionskapazität des  $\text{NO}_x$  Katalysators 15 geschätzt wird auf der Grundlage des Spitzenwerts von VOX2 oder dem Zeitintegral (Flächenbereich) der Änderung von VOX2. Dann wird der Grad der Katalysatorverschlechterung erfasst auf der Grundlage der somit geschätzten  $\text{NO}_x$  Adsorptionskapazität. Dabei wird ermittelt, dass, je größer der Spitzenwert von  $\text{NO}_x$  ist oder je größer das Zeitintegral (Flächenbereich) der Änderung von VOX2 ist, der Grad der Katalysatorverschlechterung um so größer ist, der durch die gesenkte  $\text{NO}_x$  Adsorptionskapazität des  $\text{NO}_x$  Katalysators 15 verursacht ist. Wie insbesondere aus Fig. 10A und 10B ersichtlich ist, wenn der Grad der Katalysatorverschlechterung sich unterscheidet, unterscheidet sich der Spitzenwert des Ausgangs der hinteren Lamdasonde VOX2. Da der Spitzenwert in Fig. 10B größer ist als der in Fig. 10A, kann ermittelt werden, dass die Katalysatorverschlechterung fortgeschritten ist.

Wenn bei beiden Schritten 201 und 202 ein "NEIN" ermittelt wird, wird das Sollluftkraftstoffverhältnis AFTG eingerichtet, um zeitweilig die Fettregelung (Fettspülen) im Verlauf der Magerregelung bei Schritten 203 bis 210 durchzuführen. Wenn ein "JA" ermittelt wird bei einem aus dem Schritt 201 oder Schritt 203, wird das Sollluftkraftstoffverhältnis AFTG eingerichtet, um die Einspritzschwankungsregelung bei Schritten 211 bis 221 und 230 in Fig. 6 durchzuführen.

Beim Schritt 203 wird ermittelt, ob der durch einen Zykluszähler CC gegebene Wert, der jede Kraftstoffeinspritzung zählt, Null ist oder nicht. Die Routine schreitet zum Schritt 204 fort bei dem Zustand, dass der Zykluszähler 0 ergibt. Beim Schritt 204 werden die Magerzeit TL und die Fettzeit TR eingerichtet auf der Grundlage der Motordrehzahl Ne und des Ansaugdrucks PM. Wenn Schritt 203 ein "NEIN" ermittelt ( $\text{CC} \neq 0$ ), wird die Verarbeitung beim Schritt 204 übersprungen.

Die Magerzeit TL und die Fettzeit TR entsprechen einer Kraftstoffeinspritzhäufigkeit bei jedem mageren Luftkraftstoffverhältnis und einer Kraftstoffeinspritzhäufigkeit bei jedem fetten Luftkraftstoffverhältnis. Grundsätzlich werden um so größere Werte eingerichtet, je höher die Motordrehzahl oder je höher der Ansaugdruck PM ist. Die Magerzeit TL ist gegeben durch Multiplizieren der Fettzeit TR mit einem vorgegebenen Faktor ( $\text{TL} = \text{TR} \times \text{vorgegebener Faktor}$ ). Der vorgegebene Faktor eines fixen Werts von ungefähr

"50" ist befriedigend und kann eingerichtet werden als ein variabler Wert in Übereinstimmung mit derartigen Motorbetriebszuständen wie Ne und PM.

Anschließend beim Schritt 205 wird der Zykluszähler CC um "1" hochgezählt und bei dem folgenden Schritt 206 wird überprüft, ob das Ablesen des Zykluszählers einen Wert äquivalent zu der Magerzeit TL erreicht hat. Wenn das Ablesen des Zykluszählers CC größer als TL ist, wird das Sollluftkraftstoffverhältnis AFTG auf der Grundlage von Ne und PM eingerichtet auf einen mageren Regelwert beim Schritt 207. Nach dem Einrichten des AFTG Werts wird die Routine beendet, dann wird zum Schritt 103 in Fig. 4 zurückgegangen (Einrichten von FAF).

Der AFTG Wert beim Schritt 207 wird ermittelt unter Bezugnahme auf ein vorgegebenes Sollluftkraftstoffverhältniskennfeld auf der Grundlage beispielsweise der Motordrehzahl Ne und des Ansaugdrucks PM, wobei ein Wert in Übereinstimmung von beispielsweise  $A/F = 20$  bis 23 eingerichtet wird. Wenn die Magerregelbedingungen nicht eingerichtet sind wegen einem un stetigen Betrieb, wird der AFTG Wert in der Nähe des stöchiometrischen Luftkraftstoffverhältnisses eingerichtet ( $A/F = 14,7$ ). Dabei wird das Luftkraftstoffverhältnis geregelt durch die Magerregelung, die beim Schritt 207 eingerichtet wird.

Wenn dabei das Ablesen des Zykluszählers  $\text{CC} \geq \text{TL}$  ergibt, wird das Sollluftkraftstoffverhältnis AFTG auf einen Fettregelwert beim Schritt 208 eingerichtet. Der AFTG Wert beim Schritt 208 kann eingerichtet werden als ein fixer Wert in dem Fettbereich und kann auch eingerichtet werden als ein variabler Wert über einen Kennfeldbezug auf der Grundlage von Ne und PM. Wenn der Kennfeldbezug ausgeführt wird, wird der AFTG Wert auf eine derartige Weise eingerichtet, dass der Grad der Kraftstoffanreicherung um so höher wird, je höher die Motordrehzahl Ne oder der Ansaugdruck PM ist.

Danach wird beim Schritt 209 eine Überprüfung durchgeführt, um zu ermitteln, ob der durch den Zykluszähler CC gelesene Wert einen Wert äquivalent zu der Gesamtzeit TR " $\text{TL} + \text{TR}$ " erreicht hat. Wenn das Ablesen des Zykluszählers  $\text{CC} < \text{TL} + \text{TR}$  ergibt, wird die Routine beendet und es wird zum Schritt 103 in Fig. 4 zurückgegangen. Dabei wird das Luftkraftstoffverhältnis durch die Fettregelung geregelt unter Verwendung des beim Schritt 208 eingerichteten AFTG.

Wenn der Zykluszähler  $\text{CC} \geq \text{TL} + \text{TR}$  ergibt und der Schritt 209 ein "JA" ermittelt hat, wird der Zykluszähler CC auf "0" gelöscht beim Schritt 210. Danach wird die Routine beendet und es wird zum Schritt 103 in Fig. 4 zurückgegangen. Mit dem Löschen des Zykluszählers ermittelt Schritt 203 ein "JA" durch die folgende Routine, wobei die Magerzeit TL und die Fettzeit TR neu eingerichtet werden. Dann wird die Magerregelung und die Fettspülregelung wieder bewirkt auf der Grundlage der Magerzeit TL und der Fettzeit TR.

Wenn in der Zwischenzeit ein Temperaturanstieg des  $\text{NO}_x$  Katalysators 15 erforderlich ist wegen einer Verschlechterung oder Nichtaktivierung des  $\text{NO}_x$  Katalysators 15, wobei Schritt 202 ein "JA" ermittelt, schreitet die Routine zum Schritt 211 in Fig. 6 fort. Beim Schritt 211 wird eine "1" eingerichtet bei der Einspritzschwankungsmarke FDITH, dann beim Schritt 212 wird der Zykluszähler auf "0" gelöscht. Anschließend beim Schritt 213 werden die Schwankungsmagerzeit TLD und die Schwankungsfettzeit TRD eingerichtet. Beim Schritt 214 werden die Mager- und Fettgrade (die Schwankungsregelwerte) der Einspritzschwankung eingerichtet.

Die Schwankungsmagerzeit TLD und die Schwankungsfettzeit TRD werden eingerichtet gemäß der Motordrehzahl

Ne und dem Ansaugdruck PM als ein Intervall einschließlich einer Periode, während der die mageren und fetten Bestandteile in dem Abgas mit dem Dreizeigekatalysator 14 reagieren auf der stromaufwärtigen Seite und danach einer Periode, während der ein nichtreagierendes Abgas durch den Dreizeigekatalysator 14 hindurchtritt. Beispielsweise werden TLD und TRD bei kurzen Werten während einem Hochdrehzahl-, Hochlastmotorbetrieb eingerichtet, bei dem das Abgas mit einer hohen Geschwindigkeit strömt. Dabei wird Bezug genommen, dass TLD und TRD auf die Zeit eingerichtet werden, wenn die Kraftstoffeinspritzhäufigkeit der Kraftstoffeinspritzeinrichtung 7 ungefähr 20 bis 100 Einspritzungen entspricht. Der Magergrad und der Fettgrad werden eingerichtet in Übereinstimmung mit dem Bereich des Temperaturanstiegs des  $\text{NO}_x$  Katalysators 15, der ermittelt wird durch die Einspritzschwankungsregelung. Beispielsweise je größer der Sollbereich des Temperaturanstiegs ist, um so größer wird der Magergrad und der Fettgrad eingerichtet. Es ist auch bevorzugt, dass TLD, TRD und der Mager-/Fettgrad bei fixen Werten voreingerichtet werden.

Es ist jedoch wünschenswert, dass TLD, TRD und der Mager-/Fettgrad so eingerichtet werden, dass der Mittelwert des Luftkraftstoffverhältnisses das stöchiometrische Luftkraftstoffverhältnis ( $\lambda = 1$ ) wird und dass das Zeitintegral des Luftkraftstoffverhältnisses bei der mageren Seite und das Zeitintegral des Luftkraftstoffverhältnisses bei der fetten Seite miteinander übereinstimmen, wodurch Motordrehmomentvariationen während dem Einspritzschwanken gesteuert werden können.

Dann beim Schritt 215 wird eine Mager-/Fettumschaltzeitgebung bei dem Einspritzschwanken ermittelt gemäß dem Ablesen des Zyklus Zählers CC. Während der Anfangsperiode des Einspritzschwankens wird ein "NEIN" beim Schritt 215 ermittelt, wobei zum Schritt 230 fortgeschritten wird, wobei der Schwankungsregelwert des Luftkraftstoffverhältnisses korrigiert wird in Übereinstimmung mit dem Ausgang VOX2 der hinteren Lamdasonde 27.

Bei der Korrektur des Schwankungsregelwerts, wie in Fig. 8 gezeigt ist, wird beim Schritt 231 ermittelt, ob der Ausgang VOX2 bei der hinteren Lamdasonde 27 0,45 V überschreitet oder nicht, das heißt, ob das fette Luftkraftstoffgemisch auf der stromabwärtigen Seite des  $\text{NO}_x$  Katalysators 15 vorhanden ist oder nicht. Wenn das Luftkraftstoffgemisch fett ist ( $\text{VOX2} > 0,45 \text{ V}$ ), wird das Luftkraftstoffgemisch abgemagert durch Erhöhen des Schwankungsregelwerts (A/F Wert) um einen vorgegebenen Wert  $\beta$  beim Schritt 232. Wenn dabei der angezeigte Schwankungsregelwert mager ist, wird der Magergrad erhöht um den vorgegebenen Wert  $\beta$  und umgekehrt, wenn der Schwankungsregelwert fett ist, wird der Fettgrad vermindert um den vorgegebenen Wert  $\beta$ . Wenn darüber hinaus das Luftkraftstoffgemisch angereichert durch Vermindern des Schwankungsregelwerts (A/F Wert) um den vorgegebenen Wert  $\beta$  beim Schritt 233. Das heißt, wenn dabei der Schwankungsregelwert mager ist, wird der Magergrad um  $\beta$  vermindert und umgekehrt, wenn der Schwankungsregelwert fett ist, wird der Fettgrad um  $\beta$  erhöht.

Die Korrektur des Schwankungsregelwerts wird unter Bezugnahme auf Fig. 9 erläutert. Da  $\text{VOX2} > 0,45$  vor der Zeit  $t_a$  gilt, wird das Luftkraftstoffgemisch graduell abgemagert ungeachtet des Schwankungsregelwerts. Da  $\text{VOX2} \leq 0,45$  von der Zeit  $t_a$  bis zur Zeit  $t_b$  gilt, wird das Luftkraftstoffgemisch graduell angefettet entweder mager oder fett.

Diese Korrektur des Schwankungsregelwerts kann nur durchgeführt werden bei der Umschaltzeitgebung, wenn der Ausgang VOX2 der hinteren Lamdasonde 27 bei 0,45 V ge-

ändert wird, oder nur wenn die Mager-/Fettumschaltung des Schwankungsregelwerts durchgeführt wird.

Beim Schritt 230 schreitet die Routine zum Schritt 218 fort, bei dem der Schwankungsregelwert als das Sollluftkraftstoffverhältnis AFTG eingerichtet wird. Beim Schritt 218 wird entweder das Sollluftkraftstoffverhältnis AFTG auf der fetten Seite oder das Sollluftkraftstoffverhältnis AFTG auf der mageren Seite eingerichtet auf der Grundlage des stöchiometrischen Luftkraftstoffverhältnisses ( $\lambda = 1$ ).

Als Nächstes wird beim Schritt 219 das Ablesen des Zyklus Zählers CC um "1" hochgezählt. Bei dem folgenden Schritt 220 wird ermittelt, ob die Einspritzschwankung beendet ist oder nicht. Wenn die Einspritzschwankung nicht beendet ist, wird die Routine so wie sie ist beendet und dann wird zum Schritt 103 in Fig. 4 zurückgekehrt.

Wenn die Routine anschließend ausgeführt wird, ermittelt Schritt 201 von Fig. 5 ein "JA", dann wird zum Schritt 215 von Fig. 6 fortgeschritten. Bei der Mager-/Fettumschaltzeitgebung ( $\text{CC} = \text{TLD}$  oder  $\text{TRD}$ ), ermittelt Schritt 215 ein "JA". Darüber hinaus beim Schritt 216 wird der Schwankungsregelwert zwischen fett und mager umgekehrt. Als Nächstes beim Schritt 217 wird der Zyklus Zähler CC auf "0" gelöscht. Danach beim Schritt 218 wird der Schwankungsregelwert dabei als das Sollluftkraftstoffverhältnis AFTG eingerichtet. Beim Schritt 219 wird der Zyklus Zähler CC um "1" hochgezählt.

Beim Schritt 220 beim Ermitteln des Endes des Einspritzschwankens wird ein "JA" ermittelt nach dem Verstreichen einer voreingestellten Zeit zum Wiederherstellen des verschlechterten Katalysators (verschlechtert durch Schwefel) beispielsweise wenn das Einspritzschwanken durchgeführt wurde zum Wiederherstellen des verschlechterten Katalysators. Wenn das Einspritzschwanken durchgeführt wurde zum Aktivieren des  $\text{NO}_x$  Katalysators 15, ermittelt Schritt 220 auch ein "JA", wenn die Temperatur des  $\text{NO}_x$  Katalysators 15, die durch den Katalysatortemperatursensor 28 erfasst wird, eine vorgegebene Aktivierungstemperatur erreicht hat. Wenn das Einspritzschwanken beendet ist, wird die Routine beendet nach dem Löschen der Einspritzschwankungsmarke FDITH auf "0" beim Schritt 221, dann wird zu dem Schritt 103 in Fig. 4 zurückgekehrt.

Fig. 7 zeigt ein Ablaufdiagramm einer Motordrehmomentkorrekturroutine zum Erhöhen oder Vermindern des Motordrehmoments während dem Einspritzschwanken. Die Routine wird ausgeführt mittels der CPU 31 bei einer vorgegebenen Zeitperiode. Der Korrekturbetrag des Zündzeitpunkts oder der Korrekturbetrag des Drosselöffnungswinkels, der eingerichtet wird durch die Routine, wird reflektiert in einer Zündzeitpunktregelroutine oder einer (nicht gezeigten) Drosselregelroutine auf eine herkömmliche Weise.

Insbesondere wird zunächst beim Schritt 301 ermittelt, ob die Einspritzschwankungsmarke FDITH gleich "1" ist oder nicht. Wenn FDITH gleich "0" gilt und das Einspritzschwanken nicht ausgeführt wird, schreitet die Routine zum Schritt 302 fort. Beim Schritt 302 wird keine Motordrehmomentkorrektur durchgeführt zum Halten des Drehmoments, wodurch die Verarbeitung abgeschlossen ist.

Da  $\text{FDITH} = 1$  gilt und wenn das Einspritzschwanken bewirkt wird, schreitet die Verarbeitung zum Schritt 303 fort, bei dem eine Entscheidung durchgeführt wird, ob der Zyklus Zähler CC sich innerhalb von dem Bereich " $\alpha$  bis  $\text{TRD} + \alpha$ " befindet oder nicht. " $\alpha$ " bezeichnet eine vorgegebene Verzögerungszeit. Wenn beim Schritt 303 "JA" gilt, wird die Korrektur des beim Schritt 304 verminderten Drehmomentbetrags durchgeführt. Insbesondere wird der Zündzeitpunkt soweit wie vorgegeben verzögert und die Drosselöffnung wird geregelt zu der geschlossenen Seite durch den vorgegebenen Verminderungsbetrag für die Korrektur der Ansaug-



luftmenge.

Wenn darüber hinaus "NEIN" ermittelt wird beim Schritt 303, wird eine Korrektur durchgeführt durch Erhöhen des Drehmoments beim Schritt 305. Insbesondere wird der Zündzeitpunkt vorverlegt um einen vorgegebenen Betrag und die Drosselöffnung wird geregelt zu der offenen Seite hin um einen vorgegebenen Betrag, wodurch die Ansaugluftmenge auf erhöhende Weise korrigiert wird.

Fig. 11 zeigt ein Zeitgebungsdiagramm, das die unter Bezugnahme auf Fig. 4 bis 7 beschriebene Regelung detaillierter darstellt. In Fig. 11 repräsentiert die Zeit t4 bis Zeit t7 eine Periode des Einspritzschwankens. Das Luftkraftstoffverhältnis wird geregelt durch Abmageren des Luftkraftstoffgemisches während der Zeitperiode t1 bis zu der Zeit t2 (Zykluszähler CC = Periode von 0 bis TL), um dadurch NO<sub>x</sub> aus dem Abgas in dem NO<sub>x</sub> Katalysator 15 zu adsorbieren. Während der Periode der Zeit t2 bis t3 (Zykluszähler CC = Periode von TL nach TL + TR), wird die Fettsprühregelung durchgeführt, um die adsorbierten NO<sub>x</sub> aus dem NO<sub>x</sub> Katalysator 15 zu reduzieren und abzugeben durch in dem Abgas vorhandene unverbrannte Gasbestandteile (HC, CO). Die Magerregelung und die Fettsprühregelung des Luftkraftstoffverhältnisses werden wiederholt durchgeführt gemäß der Magerzeit TL und der Fettzeit TR. Vor der Zeit t4 beträgt das Verhältnis der Magerregelung zu der Fettsprühregelung beispielsweise 500 Einspritzungen zu 10 Einspritzungen.

Wenn danach "1" eingerichtet wird bei der Einspritzschwankungsmarke FDITH bei der Zeit t4, werden TLD, TRD und die Mager-/Fettgrade durch die Einspritzschwankungsregelung eingerichtet. Bei der Zeit t4 bis t5 wird die Fettregelung bewirkt bis der Zykluszähler CC die Zeit äquivalent zu TRD erreicht, und bei der Zeit t5 und t6 wird die Magerregelung durchgeführt bis der Zykluszähler CC die Zeit äquivalent zu TRD + TLD erreicht. Nach der Zeit t4 wird die Einspritzschwankungsregelung durchgeführt bei den Mager-/Fettsprühzyklen von ungefähr 20 bis 100 Einspritzungen. In Fig. 11 ist jedoch die Korrektur des Schwankungsregelwerts (Schritt 230 in Fig. 6) gemäß dem Ausgang VOX2 der hinteren Lamdasonde 27 nicht dargestellt.

Bei der nach der Zeit t4 zu bewirkenden Einspritzschwankungsregelung wird eine Motordrehmomentkorrektur durchgeführt durch Erhöhen oder Vermindern des Drehmoments nach einer Verzögerung der vorgegebenen Zeit  $\alpha$ . Das heißt, dass in der Periode des Zykluszählers CC =  $\alpha$  bis TRD +  $\alpha$  die Motordrehmomentkorrektur durchgeführt durch Vermindern des Zündverzögerungswinkels und der Ansaugluftmenge zum Zweck der Reduktion des Motordrehmoments in Relation zu der Fettregelung von der Zeit t4 zu der Zeit t5. In der Periode des Zykluszählers CC = TRD +  $\alpha$  bis TRD + TLD, 0 bis  $\alpha$  wird die Drehmomenterhöhungskorrektur durchgeführt durch Erhöhen des Zündvorstellwinkels und der Ansaugluftmenge zum Zweck des Erhöehens des Motordrehmoments in Relation zu der Magerregelung von der Zeit t5 zu der Zeit t6.

Nach der Einspritzschwankungsregelung bei der Zeit t7 wird die Einspritzschwankungsmarke FDITH gelöscht. Dann nach der Zeit t7 werden die magere und die fette Sprühregelung neu gestartet. Mit dem Löschen der Einspritzschwankungsmarke FDITH wird die Drehmomentkorrektur angehalten, kann aber fortgesetzt werden für die spezifische Zeitperiode  $\alpha$ .

Als Nächstes wird unter Bezugnahme auf Fig. 12 und 13 das Verhalten eines Temperaturanstiegs des NO<sub>x</sub> Katalysators 15 während der Wiederherstellung der Reinigungskapazität des NO<sub>x</sub> Katalysators 15 und beim Kaltstart des Motors erläutert.

Fig. 12 zeigt ein Zeitgebungsdiagramm des Übergangs ei-

ner Katalysatortemperatur während dem Einspritzschwanken, das ausgeführt wird zum Zweck der Wiederherstellung des durch Schwefel verschlechterten NO<sub>x</sub> Katalysators 15. In Fig. 12 werden vor Zeit t11 die magere und fette Sprühregelung durchgeführt. Dabei wird der stromaufwärtige Dreizegekatalsator 14 bei der Temperatur von ungefähr 600°C gehalten, während der stromabwärtige NO<sub>x</sub> Katalysator 15 bei der Temperatur von ungefähr 400°C gehalten wird.

Bei der Zeit t11 wird eine Schwefelverschlechterung des NO<sub>x</sub> Katalysators 15 erfasst und ein "1" wird eingerichtet bei der Einspritzschwankungsmarke FDITH. Nach der Zeit t11 wird die Einspritzschwankungsregelung bewirkt, wodurch die Temperatur des Dreizegekatalsators 14 leicht ansteigt auf ungefähr 620°C, während die Temperatur des NO<sub>x</sub> Katalysators 15 um ungefähr 100°C bis 150°C auf ungefähr 500°C bis 550°C ansteigt. Diesem hochtemperierten NO<sub>x</sub> Katalysator 15 werden fette Bestandteile zugeführt, um Bariumsulfat BaSO<sub>4</sub> zu reduzieren, das durch die Schwefelverschlechterung erzeugt wird, den Schwefel freizugeben, um dadurch den NO<sub>x</sub> Katalysator 15 zu regenerieren.

Bei der vorliegenden Zeit t12, bei der vorgegebenen Zeit für die Regenerierung des verschlechterten Katalysators nach der Regenerierung des NO<sub>x</sub> Katalysators 15 wird die Einspritzschwankungsmarke FDITH auf "0" gelöscht, wodurch die Einspritzschwankung beendet wird. Danach kehren die Temperaturen des Dreizegekatalsators 14 und des NO<sub>x</sub> Katalysators 15 zu den ursprünglichen Werten zurück (600°C und 400°C).

Fig. 13 zeigt ein Zeitgebungsdiagramm des Übergangs der Katalysatortemperatur während dem Einspritzschwanken, das bewirkt wird zum Zweck der Aktivierung des NO<sub>x</sub> Katalysators 15 bei dem Kaltstart des Motors 1.

Wenn in Fig. 13 der Motor 1 bei der Zeit t21 gestartet wird, wird der Zündzeitpunkt zu der Verzögerungsseite (Nacheilend) gesteuert, wodurch eine frühe Aktivierung des Dreizegekatalsators 14 auf der stromaufwärtigen Seite beschleunigt wird. Der Prozess des Zündverzögerungswinkels bei dem Motorstart ist gut bekannt und wird deshalb bei dem Betrieb der CPU 31 nicht beschrieben.

Wenn bei der Zeit t22 die Temperatur des Dreizegekatalsators 14 die vorgegebene Aktivierungstemperatur erreicht (beispielsweise 350°C), wodurch die Aktivierung des Dreizegekatalsators 14 abgeschlossen wird, wird der Zündzeitpunkt zurückgebracht zu dem normalen Zeitpunkt, um dadurch stattdessen die Einspritzschwankungsregelung durchzuführen. In Fig. 13 wird jedoch zur Vereinfachung die Zündzeitpunktkorrektur für die Drehmomentkorrektur während dem Einspritzschwanken nicht durchgeführt.

Danach beim Durchführen der Einspritzschwankungsregelung startet der NO<sub>x</sub> Katalysator 15 einen schnellen Temperaturanstieg. Während dem Einspritzschwanken wird der Temperaturanstieg des stromaufwärtigen Dreizegekatalsators 14 gehemmt. Nur die Temperatur des stromabwärtigen NO<sub>x</sub> Katalysators 15 steigt an. Dann bei der Zeit t23 erreicht die Temperatur des NO<sub>x</sub> Katalysators 15 eine vorgegebene Aktivierungstemperatur, wodurch das Einspritzschwanken beendet wird.

Gemäß dem vorstehenden ersten Ausführungsbeispiel sind die folgenden Vorteile vorgesehen.

(a) Da bei der Einspritzschwankungsregelung die mageren Bestandteile und die fetten Bestandteile in dem Abgas ohne Reaktion durch den Dreizegekatalsator 14 auf der stromaufwärtigen Seite hindurchtreten, kann der NO<sub>x</sub> Katalysator 15 auf der stromabwärtigen Seite in seiner Temperatur geeignet angehoben werden ohne unnötigerweise den Dreizegekatalsator 14 auf der stromaufwärtigen Seite zu erwärmen und demgemäß



können die Abgase befriedigend gereinigt werden. Da darüber hinaus das Überhitzen des Dreizegekatalsators 14 geregelt wird, kann eine Verschlechterung verhindert werden.

(b) Während dem Motorbetrieb, wobei die Abgase mit hoher Geschwindigkeit strömen, werden die Mager-/Fettumschaltintervalle verkürzt und der Magergrad und der Fettgrad werden eingerichtet gemäß einem gewünschten Bereich des Temperaturanstiegs bei dem NO<sub>x</sub> Katalysator 15 auf der stromabwärtigen Seite. Deshalb ist es möglich, dem NO<sub>x</sub> Katalysator 15 eine geeignete Menge an mageren und fetten Bestandteilen zuzuführen, die notwendig sind für den gewünschten Temperaturanstieg des NO<sub>x</sub> Katalysators 15.

(c) Die Einspritzschwankungsregelung wird so ausgeführt, dass das mittlere Luftkraftstoffverhältnis während dem Mager-/Fettumschalten das stöchiometrische Luftkraftstoffverhältnis wird. Deshalb können Motor-drehmomentsschwankungen geregelt werden, die von dem Betrag des Luftkraftstoffverhältnisses herrühren.

(d) Wenn der Dreizegekatalsator 14 auf der stromaufwärtigen Seite ein Katalysator mit einer relativ kleinen Kapazität ist für ein schnelles Aufwärmen des Motors und wenn der NO<sub>x</sub> Katalysator 15 auf der stromabwärtigen Seite als ein Hauptkatalysator verwendet wird, wird nur der NO<sub>x</sub> Katalysator 15 auf der stromabwärtigen Seite manchmal inaktiv während dem Motorbetrieb. Es ist jedoch möglich, die Temperatur nur des NO<sub>x</sub> Katalysators 15 für eine effiziente Aktivierung anzuheben.

(e) Wenn der verschlechterte NO<sub>x</sub> Katalysator 15 regeneriert wird, ist es möglich, die Abgasreinigungskapazität des NO<sub>x</sub> Katalysators 15 geeignet wiederherzustellen durch Erhöhen der Temperatur nur des NO<sub>x</sub> Katalysators 15 für die Katalysatorregenerierung ohne Anheben der Temperatur des Dreizegekatalsators 14.

(f) Bei der Einspritzschwankungsregelung wird die Korrektur des Motordrehmoments durchgeführt durch Erhöhen und Vermindern des Drehmoments, um die Motordrehmomentänderungen zu regeln, die bei der in Intervallen mit einem großen Betrag bewirkten Einspritzschwankungsregelung auftreten, wodurch die Verwirklichung einer guten Fahrbarkeit ermöglicht wird.

#### Zweites Ausführungsbeispiel

Bei einem zweiten Ausführungsbeispiel werden der stromaufwärtige Katalysator und der stromabwärtige Katalysator sukzessive aktiviert nach dem Start des Motors. Bei diesem Aktivierungsprozess werden Details der Einspritzschwankungsregelung geändert. Das heißt, dass nach dem Start des Motors die erste Einspritzschwankungsregelung (die erste Regelung) mit relativ kurzen Mager-/Fettumschaltintervallen durchgeführt wird bis zur Aktivierung des Dreizegekatalsators 14 auf der stromaufwärtigen Seite und die zweite Einspritzschwankungsregelung (die zweite Regelung) mit relativ langen Mager-/Fettumschaltintervallen durchgeführt wird bis zu der Aktivierung des NO<sub>x</sub> Katalysators 15 auf der stromabwärtigen Seite.

Bei dem zweiten Ausführungsbeispiel ist deshalb eine zusätzliche Verarbeitungsroutine vorgesehen, wie in Fig. 14 gezeigt ist. Beim Schritt 401 nach dem Start des Motors wird ermittelt, ob der Dreizegekatalsator 14 auf der stromaufwärtigen Seite aktiviert ist oder nicht. Bei dem folgenden Schritt 402 wird ermittelt, ob der NO<sub>x</sub> Katalysator 15 auf der stromabwärtigen Seite aktiviert ist. Die Entscheidung der Aktivierung der Katalysatoren 14 und 15 kann ausgeführt

werden zweckmäßig bei dem Verstreichen einer spezifischen Zeit seit dem Motorstart und kann auch ausgeführt werden in Übereinstimmung mit einem erfassten Wert eines Katalysatortemperatursensors.

Wenn der Dreizegekatalsator 14 auf der stromaufwärtigen Seite inaktiv ist ("NEIN" beim Schritt 401), schreitet die Routine zum Schritt 403 fort, wobei die erste Einspritzschwankungsregelung ausgeführt wird. Der Dreizegekatalsator 14 wird erwärmt bei einer früheren Periode als der NO<sub>x</sub> Katalysator 15. Bei einem "NEIN" beim Schritt 401 wird ermittelt, dass beide Katalysatoren auf der stromaufwärtigen und der stromabwärtigen Seite inaktiv sind. Wenn nur der NO<sub>x</sub> Katalysator 15 auf der stromabwärtigen Seite inaktiv ist ("NEIN" beim Schritt 401), geht die Routine auch zum Schritt 404, wobei die zweite Einspritzschwankungsregelung durchgeführt wird. Wenn ein "JA" ermittelt wird bei jedem der Schritte 401 und 402, wird keine Einspritzschwankungsregelung ausgeführt und eine normale Luftkraftstoffverhältnisregelung wird ausgeführt.

Details der ersten und zweiten Einspritzschwankungsregelroutinen sind grundsätzlich dieselben wie jene, die bei dem ersten Ausführungsbeispiel beschrieben sind und werden deshalb hier nicht beschrieben. Nur ein kleiner Unterschied besteht darin jedoch, dass bei der ersten Einspritzschwankungsregelung nicht reagierendes Abgas kaum durch den Dreizegekatalsator 14 auf der stromaufwärtigen Seite hindurchtritt. Die magere und fette Regelung werden umgeschaltet in Intervallen (Einspritzfrequenz), wobei fast die gesamten mageren und fetten Bestandteile mit dem Dreizegekatalsator 14 reagieren, wodurch die Aktivierung des Dreizegekatalsators 14 beschleunigt wird. Bei der zweiten Einspritzschwankungsregelung werden die magere und fette Regelung umgeschaltet in Intervallen (Einspritzfrequenz), bei denen die nicht reagierenden Abgase durch den Dreizegekatalsator 14 auf der stromaufwärtigen Seite hindurchtreten können, wodurch ein Temperaturanstieg des Dreizegekatalsators 14 gehemmt wird und demgemäß die Aktivierung des NO<sub>x</sub> Katalysators 15 beschleunigt wird.

Insbesondere werden die magere und fette Regelung umgeschaltet in Intervallen von 1 bis 5 Einspritzungen bei der ersten Einspritzschwankungsregelung und in Intervallen von 20 bis 100 Einspritzungen bei der zweiten Einspritzschwankungsregelung. Es kann frei ermittelt werden, ob die Zündverzögerungsregelung durchgeführt werden sollte oder nicht während einer Periode bis zu der Aktivierung des Dreizegekatalsators 14 auf der stromaufwärtigen Seite nach dem Start des Motors.

Gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel ist es möglich, eine effiziente Aktivierung des Dreizegekatalsators 14 und des NO<sub>x</sub> Katalysators 15 während dem Aufwärmen des Motors durchzuführen. Dabei kann eine Katalysatorverschlechterung verhindert werden ohne unnötigerweise den Dreizegekatalsator 14 auf der stromaufwärtigen Seite zu erwärmen.

#### Drittes Ausführungsbeispiel

Bei einem dritten Ausführungsbeispiel wird die vorstehende Luftkraftstoffverhältnisregelung auf Hybridmotorfahrzeuge angewandt. Als ein Hybridsystem für Kraftfahrzeuge sind im Allgemeinen zwei Arten von Hybridsystemen bekannt. Eines ist ein Reihenhybridsystem, das die Räder mit einem Elektromotor antreibt und die elektrische Energie zu dem Elektromotor zuführt von dem Motor. Das andere ist ein Parallelhybridsystem, das die Räder unmittelbar antreibt sowohl mit dem Motor als auch dem Elektromotor. Die vorliegende Erfindung ist auf jedes System anwendbar. Fig. 15 zeigt das letztgenannte Hybridsystem. Das in Fig. 15 ge-

zeigte Hybridauto weist hauptsächlich einen Motor 51 auf, einen Elektromotor 52, einen Wechselrichter 53 zum Antreiben des Elektromotors 52, eine Batterie 54, die elektrisch verbunden ist mit dem Wechselrichter 53 und eine Motor ECU 55 für die Luftkraftstoffverhältnisregelung und Zündzeitpunktregelung des Motors 51. Die Leistung des Motors 51 oder des Elektromotors 52 wird auf das rechte und linke Antriebsrad über ein Differentialgetriebe 56 übertragen. In der Abgasleitung des Motors 51 ist ein Paar (nicht gezeigter) Abgasreinigungskatalysatoren an der stromaufwärtigen und stromabwärtigen Seite montiert.

Fig. 16 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Teils der Luftkraftstoffverhältnisregelungsroutine, die durch die Motor ECU 55 zu bewirken wird.

Beim Schritt 501 von Fig. 16 wird eine Entscheidung durchgeführt, ob der Motor 51 gestartet ist in Übereinstimmung mit einem Fahrzeugfahrzustand oder nicht. Bei dem folgenden Schritt 502 wird eine Entscheidung durchgeführt, ob der Elektroantrieb des Motors 52 sich fortgesetzt hat über eine spezifische Zeitperiode bis zum Start des Motors oder nicht. Wenn ein "JA" ermittelt wird bei den Schritten 501 und 502, senkt der Katalysator auf der stromabwärtigen Seite die Temperatur während dem Motorantrieb und es wird angenommen, dass ein Anstieg der Temperatur erforderlich ist. Anschließend schreitet das Programm zum Schritt 503 fort, bei dem die Einspritzschwankungsregelung durchgeführt wird. Die Einspritzschwankungsregelung führt die Mager-/Fettumschaltung mit relativ langen Intervallen (ungefähr 20 bis 100 Einspritzungen) wie vorstehend angeführt durch.

Gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel kann nur der Katalysator auf der stromabwärtigen Seite effizient aktiviert werden durch Anheben der Temperatur des Katalysators, wenn der Motor des Hybridmotorfahrzeugs neu gestartet wird. Bei dem dritten Ausführungsbeispiel können auch wie bei dem zweiten Ausführungsbeispiel die erste Einspritzschwankungsregelung und die zweite Einspritzschwankungsregelung umgeschaltet werden in Übereinstimmung mit dem Aktivierungszustand des stromaufwärtigen und stromabwärtigen Katalysators bei dem Start des Motors.

Das erfindungsgemäße Luftkraftstoffverhältnisregelgerät für Brennkraftmaschinen weist Abgasreinigungskatalysatoren 14, 15 auf, die an der stromaufwärtigen und stromabwärtigen Seite des Abgaskanals 12 der Brennkraftmaschine 1 montiert sind, die Kraftstoffeinspritzeinrichtung 7 zum Einspritzen einer Sollmenge an Kraftstoff in den Zylinder der Brennkraftmaschine hinein in Übereinstimmung mit einem Motorbetriebszustand und die ECU 30. Die ECU ändert das Luftkraftstoffverhältnis zu mageren und fetten Beträgen durch abwechselndes Erhöhen und Vermindern der Kraftstoffeinspritzmenge. Das Mager-/Fettumschalten des Abgasluftkraftstoffverhältnisses wird durchgeführt bei einem Intervall einschließlich einer Periode, während der magere und fette Bestandteile aus dem Abgas mit dem stromaufwärtigen Katalysator reagieren, und einer Periode danach, während der ein nicht reagierendes Abgas durch den stromaufwärtigen Katalysator hindurchtritt.

Die vorliegende Erfindung sollte nicht auf die vorstehend offenbarten Ausführungsbeispiele beschränkt sein, sondern kann in vielen anderen Arten abgewandelt werden.

Beispielsweise kann der Inhalt der Einspritzschwankungsregelung geändert werden in Übereinstimmung mit der Bauweise des Abgassystems.

Insbesondere ist die zum Erhöhen der Temperatur des Katalysators erforderliche Reaktionszeit um so länger je größer die Kapazität des stromabwärtigen Katalysators ( $\text{NO}_x$  Katalysators 15) ist. Deshalb wird die Mager-/Fettumschaltperiode für die Einspritzschwankungsregelung verlängert. Dar-

über hinaus werden die mageren und fetten Bestandteile um so mehr in der Abgasleitung vermischt je größer die Kapazität der Abgasleitung ist, die montiert ist zwischen dem stromaufwärtigen Katalysator (Dreiwegekatalysators 14) und dem stromabwärtigen Katalysator ( $\text{NO}_x$  Katalysators 15). Deshalb wird die Mager-/Fettumschaltperiode der Einspritzschwankungsregelung auf ähnliche Weise verlängert.

Bei dem ersten Ausführungsbeispiel wurde der Schwankungsregelwert des Luftkraftstoffverhältnisses gemäß dem Ausgang VOX2 der hinteren Lamdasonde 27 (Schritt 230 in Fig. 6) korrigiert. Der Luftkraftstoffverhältniskorrekturfaktor FAF kann jedoch erhöht oder vermindert werden anstelle der Korrektur. Dabei wird empfohlen, den FAF graduell zu vermindern, wenn der Ausgang VOX2 fett ist, und ihn graduell zu erhöhen, wenn der Ausgang VOX2 mager ist.

Bei dem ersten Ausführungsbeispiel ist das Luftkraftstoffverhältnisregelsystem so gestaltet, um eine Rückführung des Luftkraftstoffverhältnisses innerhalb dem mageren Bereich zu erzielen. In der Abgasleitung 12 sind der Dreiwegekatalysator 14 und der  $\text{NO}_x$  Katalysator 15 in der Abgasleitung 12 vorgesehen. Diese Bauweise wird jedoch geändert. Beispielsweise bei dem Luftkraftstoffverhältnisregelsystem für die Luftkraftstoffverhältnissrückführregelung, die bei dem stöchiometrischen Luftkraftstoffverhältnis durchzuführen ist, kann ein Paar Dreiwegekatalysatoren sowohl an der stromaufwärtigen als auch an der stromabwärtigen Seite der Abgasleitung 12 montiert sein. In jedem Fall ist es beim Durchführen der Einspritzschwankungsregelung möglich, die Temperatur des stromabwärtigen Dreiwegekatalysators geeignet anzuheben ohne unnötigerweise den stromaufwärtigen Dreiwegekatalysator zu erwärmen.

Bei dem vorstehend beschriebenen ersten Ausführungsbeispiel werden sowohl die Zündzeitpunktregelung und die Ansaugluftmengenregelung eingesetzt zum Zweck der Drehmomentkorrektur während dem Einspritzschwanken. Es kann jedoch nur eine dieser Regelungen ausgeführt werden.

Die vorstehenden Ausführungsbeispiele können auch angewandt werden auf ein Luftkraftstoffverhältnisregelgerät, das mit mehr als drei Stufen von Abgasreinigungskatalysatoren in dem Abgaskanal versehen ist. Dabei sollte die Einspritzschwankungsregelung durchgeführt werden mit dem Mager-/Fettumschaltintervall (Kraftstoffeinspritzfrequenz), das so eingestellt ist, dass die Abgase ohne Reaktion durch den stromabwärtigen Katalysator hindurchtreten.

Ein Luftkraftstoffverhältnissensor kann verwendet werden als ein Luftkraftstoffverhältnissensor der linearen Ausgangsart anstelle der Lamdasonde 27, die an der stromabwärtigen Seite des  $\text{NO}_x$  Katalysators montiert ist.

#### Patentansprüche

1. Luftkraftstoffverhältnisregelgerät für Brennkraftmaschinen mit:

Einem stromaufwärtigen und einem stromabwärtigen Katalysator (14, 15), die an stromaufwärtigen und stromabwärtigen Seiten eines Abgaskanals (12) einer Brennkraftmaschine (1) für die Abgasreinigung montiert sind;

einer Kraftstoffeinspritzeinrichtung (7) für die Einspritzung einer Kraftstoffmenge in einen Zylinder des Motors hinein in Übereinstimmung mit einem Motorbetriebszustand;

einer Luftkraftstoffverhältnisänderungseinrichtung (30, 55, 200, 401 bis 404, 501 bis 503) zum Ändern eines mageren und fetten Betrages eines Luftkraftstoffverhältnisses durch abwechselndes Erhöhen und Vermindern des Betrags für die Korrektur der Menge der

Kraftstoffeinspritzung,  
wobei die Luftkraftstoffverhältnisänderungseinrichtung ein Mager-/Fettumschalten des Abgasluftkraftstoffverhältnisses bei einem Intervall einschließlich einer Periode durchführt, während der die mageren und fetten Bestandteile in dem Abgas mit dem stromaufwärtigen Katalysator reagieren und einer Periode danach, während der ein nicht reagierendes Abgas durch den stromaufwärtigen Katalysator hindurchtritt.

2. Luftkraftstoffverhältnisregelgerät nach Anspruch 1, wobei der stromaufwärtige Katalysator eine Reinigungskapazität zum frühen Aufwärmen hat und der stromabwärtige Katalysator eine größere Reinigungskapazität als der stromaufwärtige Katalysator hat.

3. Luftkraftstoffverhältnisregelgerät nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Luftkraftstoffverhältnisänderungseinrichtung das Mager-/Fettumschalten bei derartigen Intervallen durchführt, dass ein Erwärmungswert und eine von dem stromaufwärtigen Katalysator freigegebene Wärmemenge nahezu gleich sind.

4. Luftkraftstoffverhältnisregelgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Mager-/Fettumschaltintervall eingerichtet ist in Übereinstimmung mit dem Betriebszustand des Motors und verkürzt wird, wenn eine Abgasgeschwindigkeit sich erhöht.

5. Luftkraftstoffverhältnisregelgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Luftkraftstoffverhältnisänderungseinrichtung die Mager-/Fettgrade einrichtet in Übereinstimmung mit einem Temperaturanstieg bei dem stromabwärtigen Katalysator, so dass die Mager-/Fettgrade erhöht werden, wenn der Temperaturanstieg sich erhöht.

6. Luftkraftstoffverhältnisregelgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Luftkraftstoffverhältnisänderungseinrichtung das Luftkraftstoffverhältnis so einstellt, das das mittlere Luftkraftstoffverhältnis das stöchiometrische Luftkraftstoffverhältnis wird bei einem Mager-/Fettumschalten.

7. Luftkraftstoffverhältnisregelgerät nach Anspruch 6, das des Weiteren Folgendes aufweist:  
einen Luftkraftstoffverhältnissensor (27), der weiter stromabwärts des stromabwärtigen Katalysators montiert ist, um dadurch das Luftkraftstoffverhältnis zu korrigieren, um eingestellt zu werden durch die Luftkraftstoffverhältnisänderungseinrichtung zu der mageren Seite und zu der fetten Seite ansprechend auf Erfassungsergebnisse jeweils des fetten Luftkraftstoffverhältnisses und des mageren Luftkraftstoffverhältnisses.

8. Luftkraftstoffverhältnisregelgerät nach Anspruch 1, wobei die Luftkraftstoffverhältnisänderungseinrichtung das Mager-/Fettumschaltintervall auf ein Intervall von 20 bis 100 Einspritzungen durch die Kraftstoffeinspritzeinrichtung einrichtet.

9. Luftkraftstoffverhältnisregelgerät nach Anspruch 1, das des Weiteren Folgendes aufweist:  
eine Katalysatoraktivierungserfassungseinrichtung (28) zum Erfassen eines Aktivierungszustands des stromabwärtigen Katalysators,  
wobei das Mager-/Fettumschalten des Luftkraftstoffverhältnisses bewirkt wird durch die Luftkraftstoffverhältnisänderungseinrichtung, wenn sich der stromaufwärtige Katalysator bei einem aktivierten Zustand befindet und der stromabwärtige Katalysator sich bei einem inaktivierten Zustand befindet.

10. Luftkraftstoffverhältnisregelgerät nach Anspruch 1, wobei der stromabwärtige Katalysator ein  $\text{NO}_x$  Katalysator ist, der  $\text{NO}_x$  aus den Abgasen adsorbiert; und

wobei das Mager-/Fettumschalten des Luftkraftstoffverhältnisses durch die Luftkraftstoffverhältnisänderung durchgeführt wird zum Regenerieren des  $\text{NO}_x$  Katalysators.

11. Luftkraftstoffverhältnisregelgerät nach Anspruch 1,

wobei der Motor an einem Hybridmotorfahrzeug montiert ist zusammen mit einem Elektromotor als Antriebsquellen; und

wobei das Mager-/Fettumschalten des Luftkraftstoffverhältnisses durchgeführt wird, wenn der Motor gestartet wird und die Kraftstoffeinspritzmenge geregelt wird nachdem nur der Elektromotor kontinuierlich für eine vorgegebene Zeit betrieben wird.

12. Luftkraftstoffverhältnisregelgerät nach Anspruch 1, wobei

eine erste Regelung des Mager-/Fettumschaltens des Abgasluftkraftstoffverhältnisses ausgeführt wird bei einem relativ kurzen Intervall, wobei ein nicht reagierendes Abgas nicht durch den stromaufwärtigen Katalysator hindurchtritt, wenn der stromaufwärtige und stromabwärtige Katalysator sich beide bei einem inaktivierten Zustand befinden; und

wobei eine zweite Regelung des Mager-/Fettumschaltens des Abgasluftkraftstoffverhältnisses ausgeführt wird bei einem relativ langen Intervall, wobei das nicht reagierende Abgas durch den stromaufwärtigen Katalysator hindurchtritt, wenn nur der stromabwärtige Katalysator sich bei einem inaktivierten Zustand befindet.

13. Luftkraftstoffverhältnisregelgerät nach Anspruch 12, wobei

die erste Regelung ausgeführt wird bis zu der Aktivierung des stromaufwärtigen Katalysators nach dem Starten der Brennkraftmaschine; und

wobei die zweite Regelung ausgeführt wird bis zu der Aktivierung des stromabwärtigen Katalysators nach der Aktivierung des stromaufwärtigen Katalysators.

14. Luftkraftstoffverhältnisregelgerät nach Anspruch 1, das des Weiteren Folgendes aufweist:

eine Drehmomentkorrekturereinrichtung (30, 301 bis 305), die vorgesehen ist zum Durchführen einer Drehmomentregelung, so dass ein Ausgangsdrehmoment des Motors beim Betreiben mit einem mageren Luftkraftstoffgemisch und ein Ausgangsdrehmoment des Motors beim Betreiben mit einem fetten Luftkraftstoffgemisch nahezu gleich sind.

---

Hierzu 13 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

161

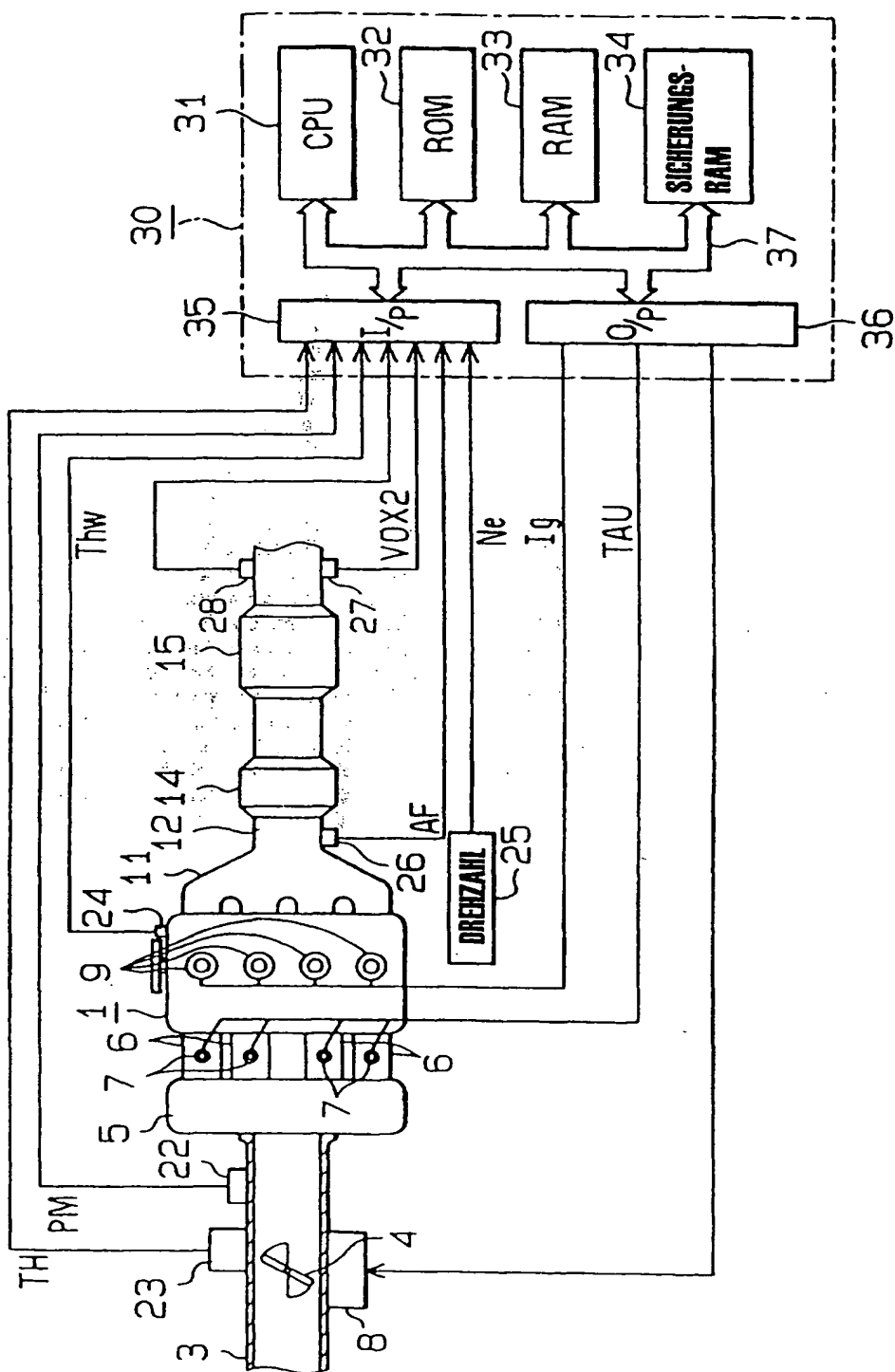


FIG. 2

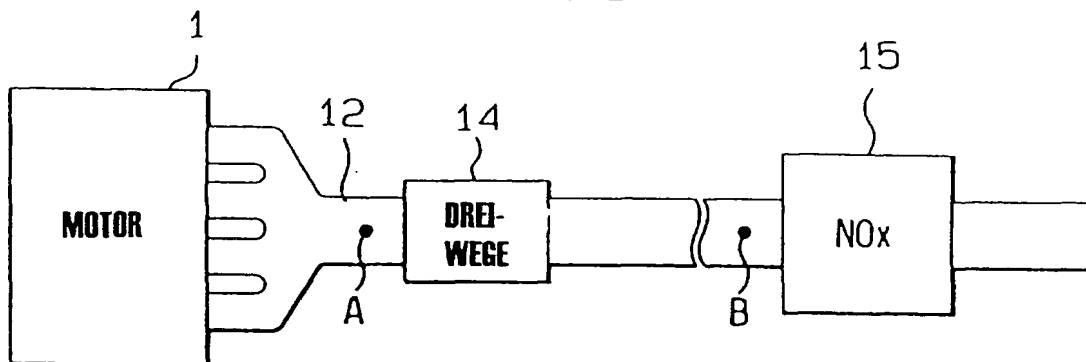


FIG. 3

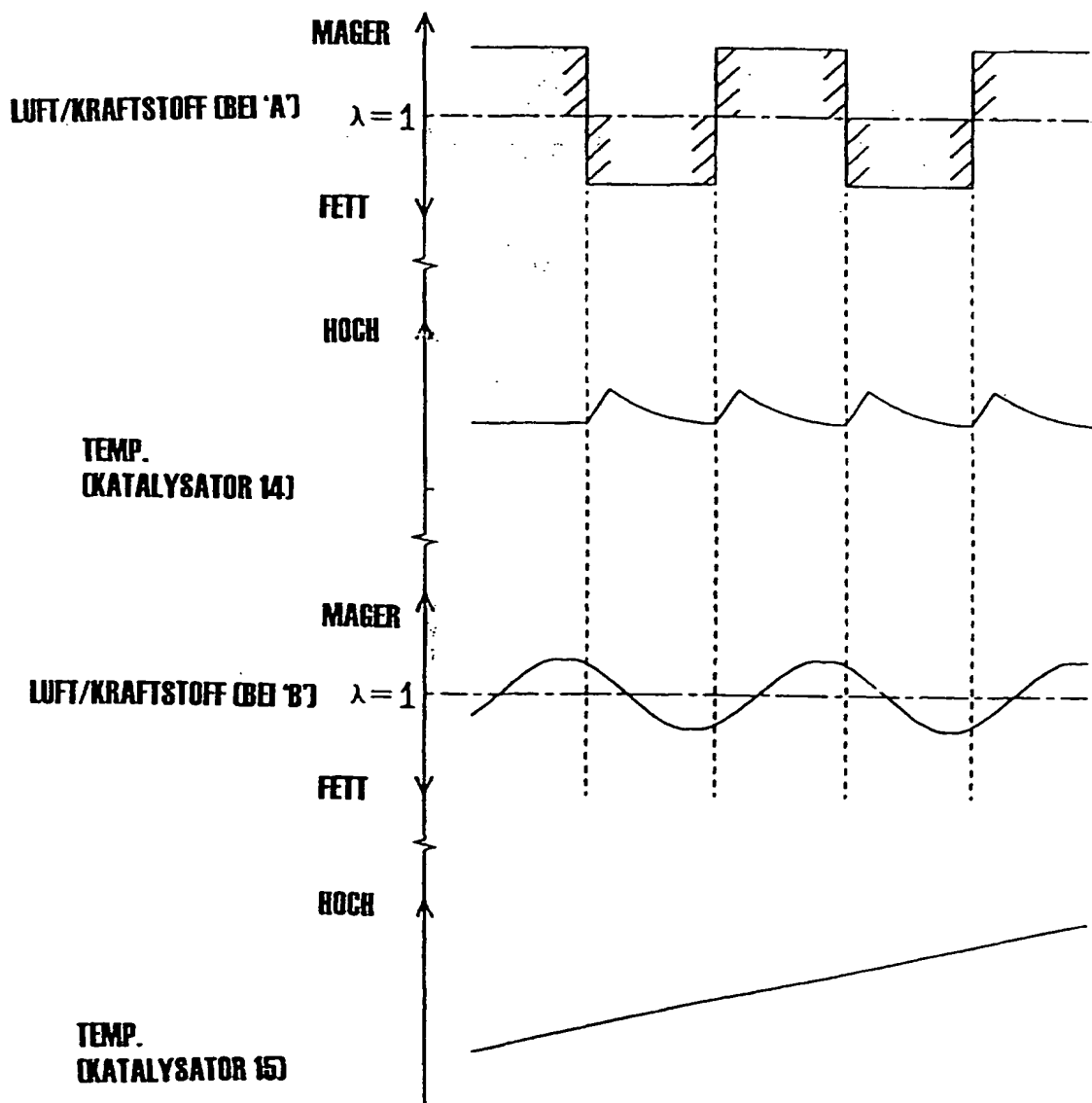


FIG. 4

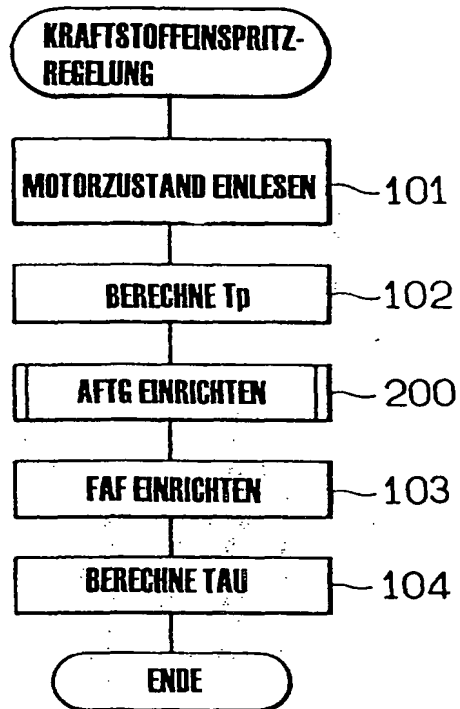




FIG. 5

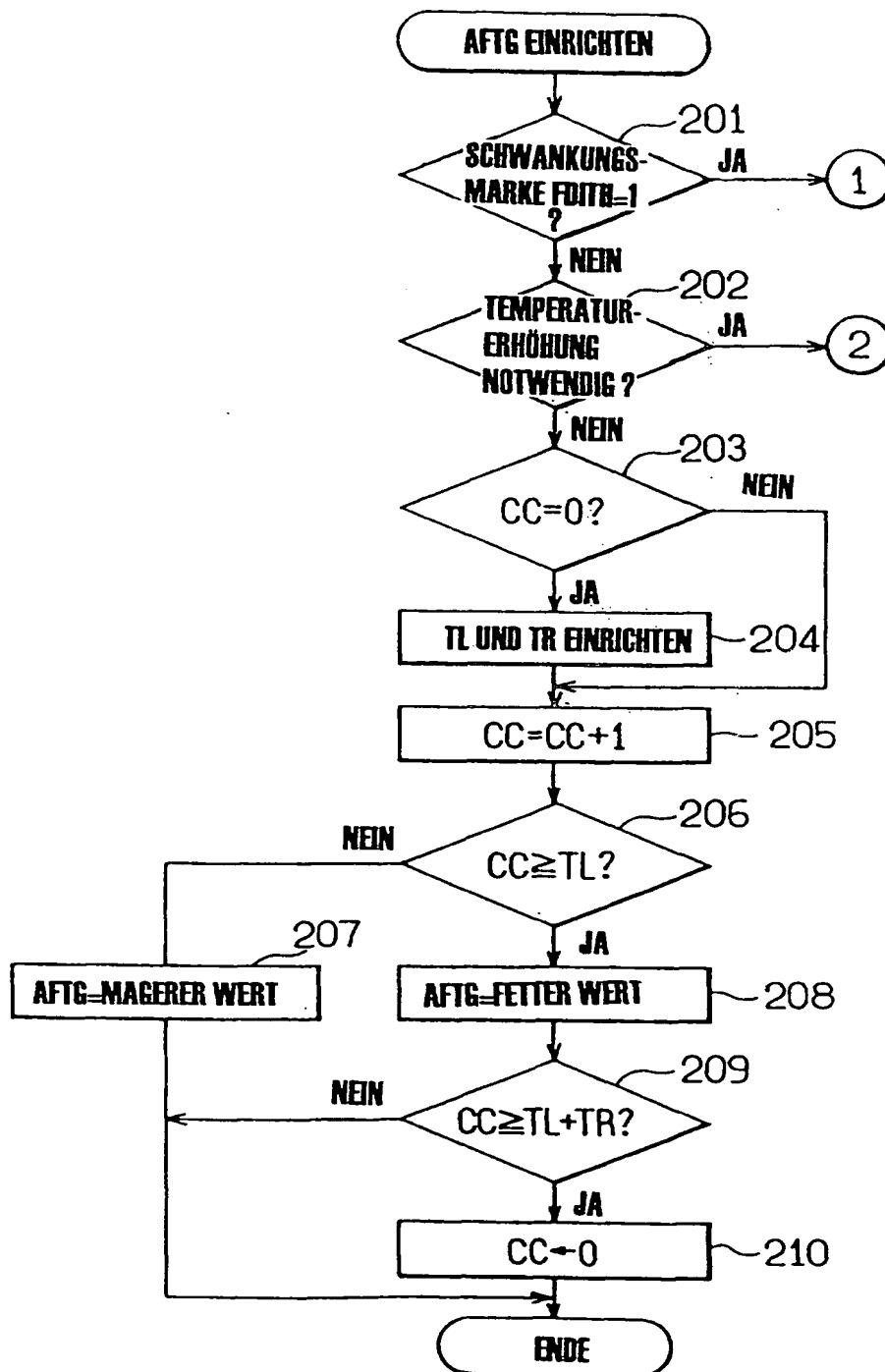


FIG. 6

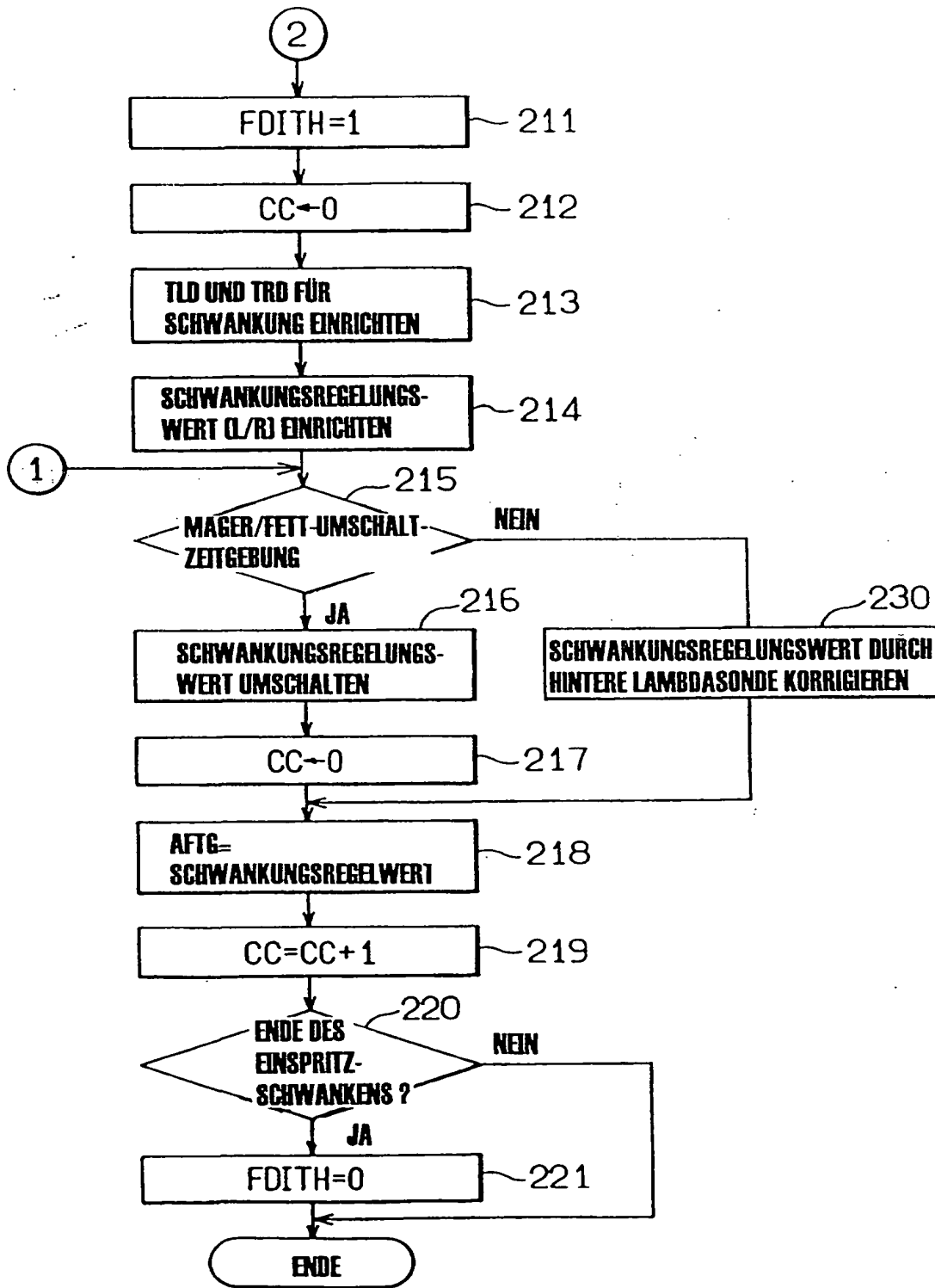


FIG. 7

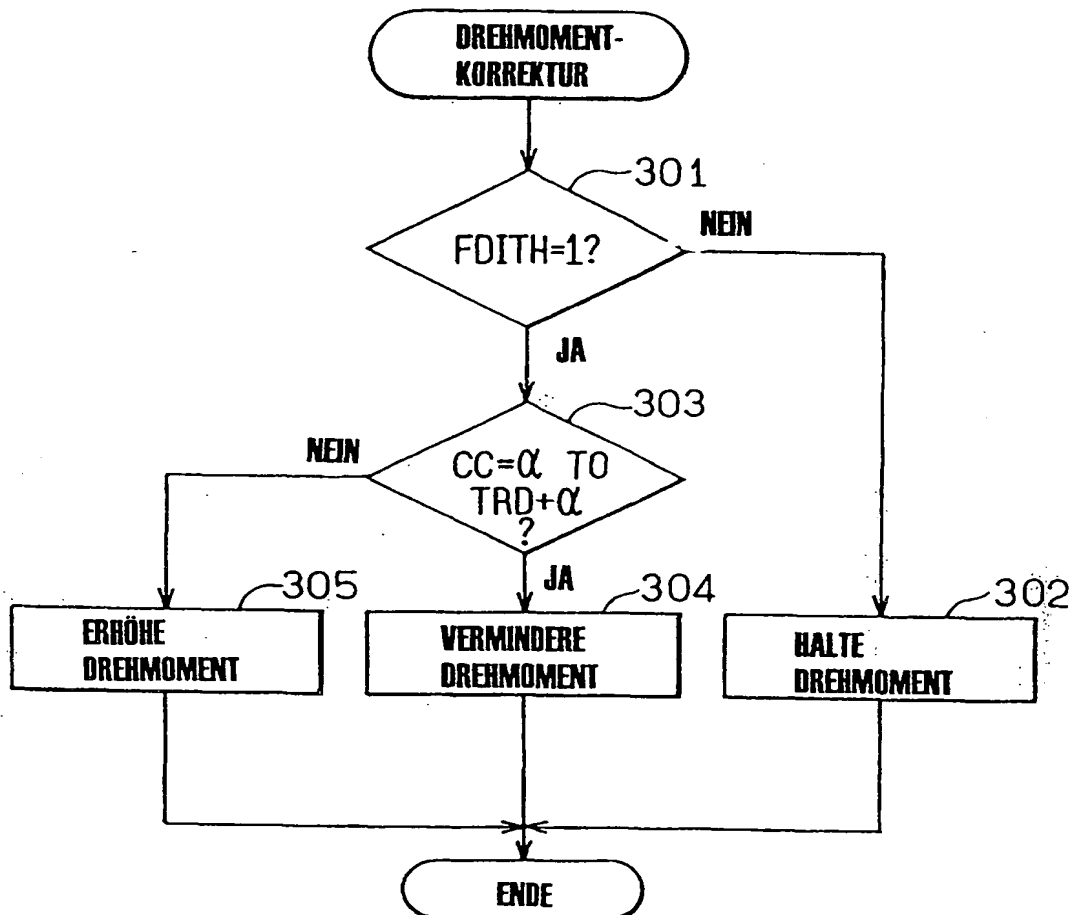


FIG. 8

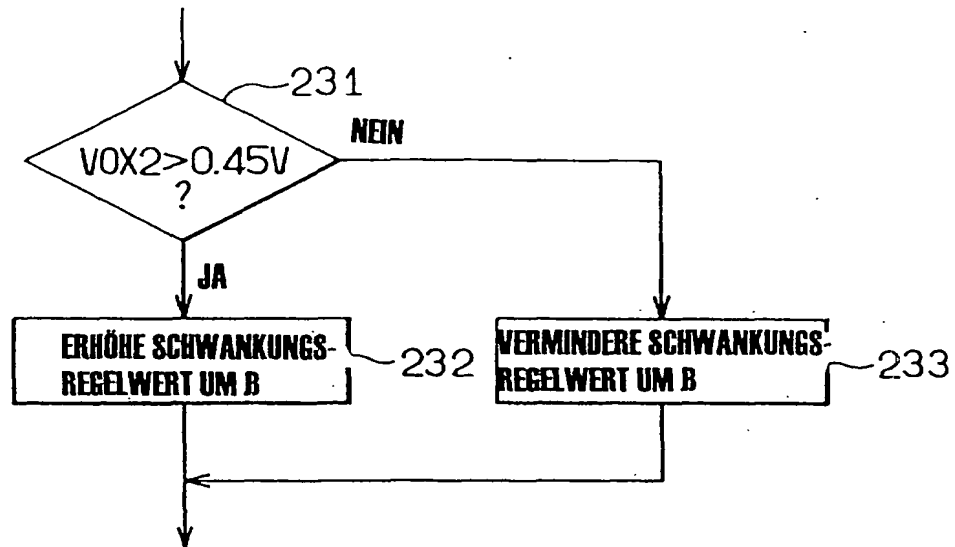


FIG. 9

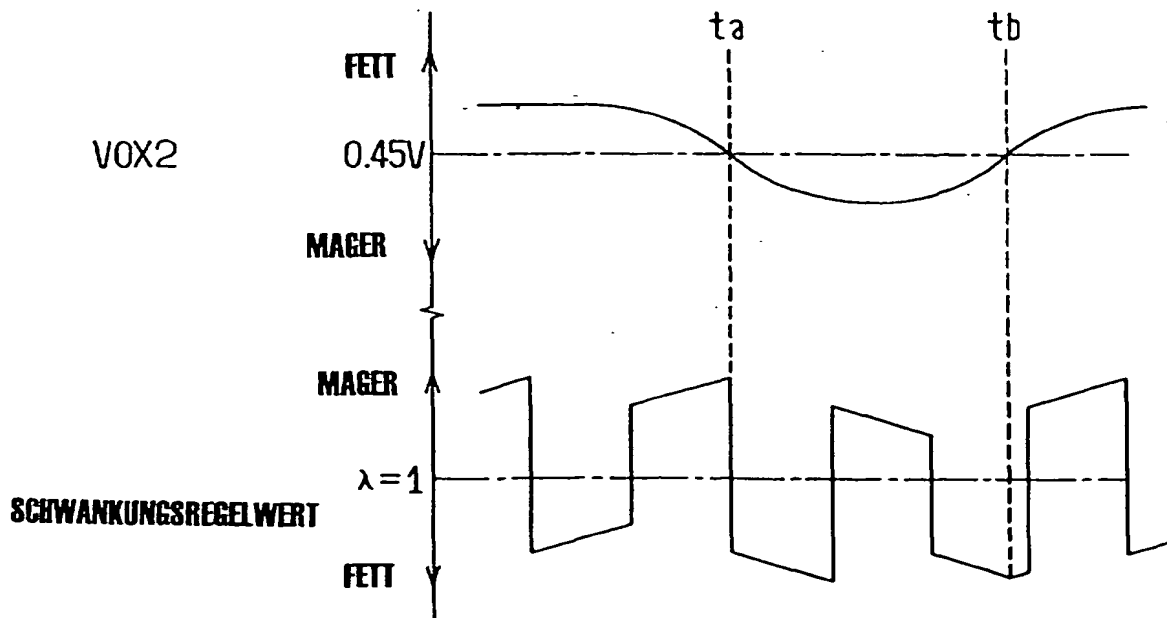


FIG. 10B

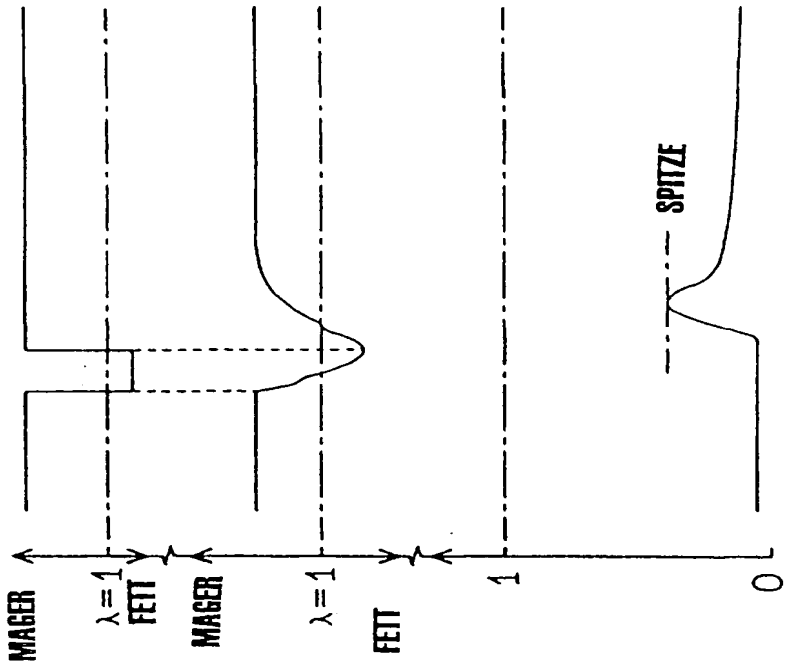


FIG. 10A

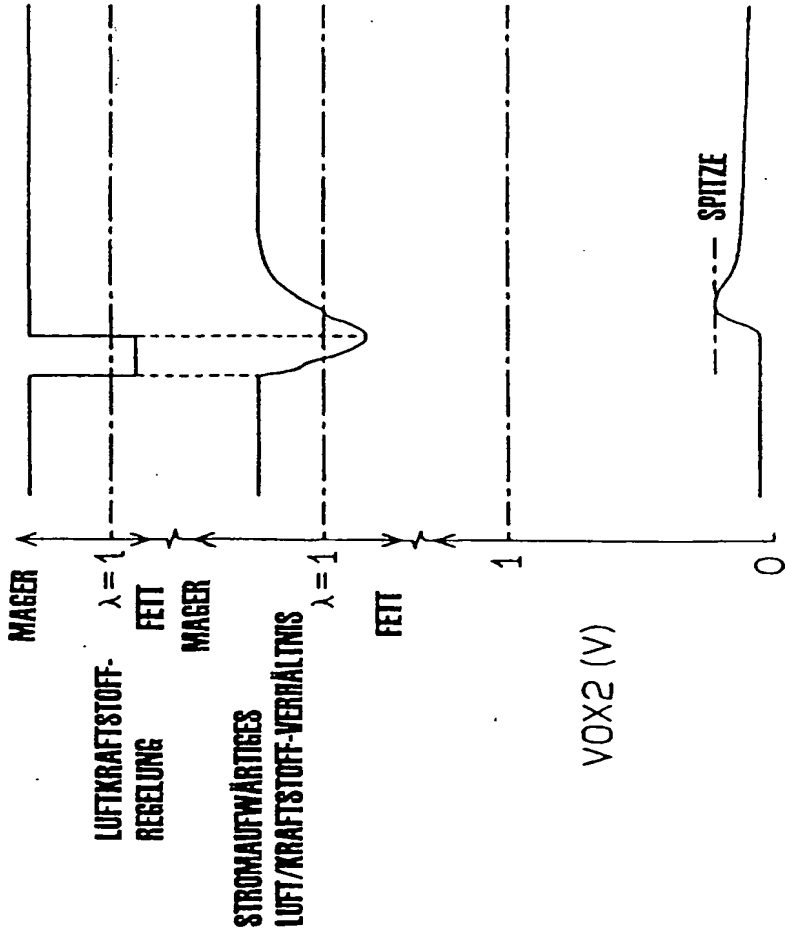


FIG. 11

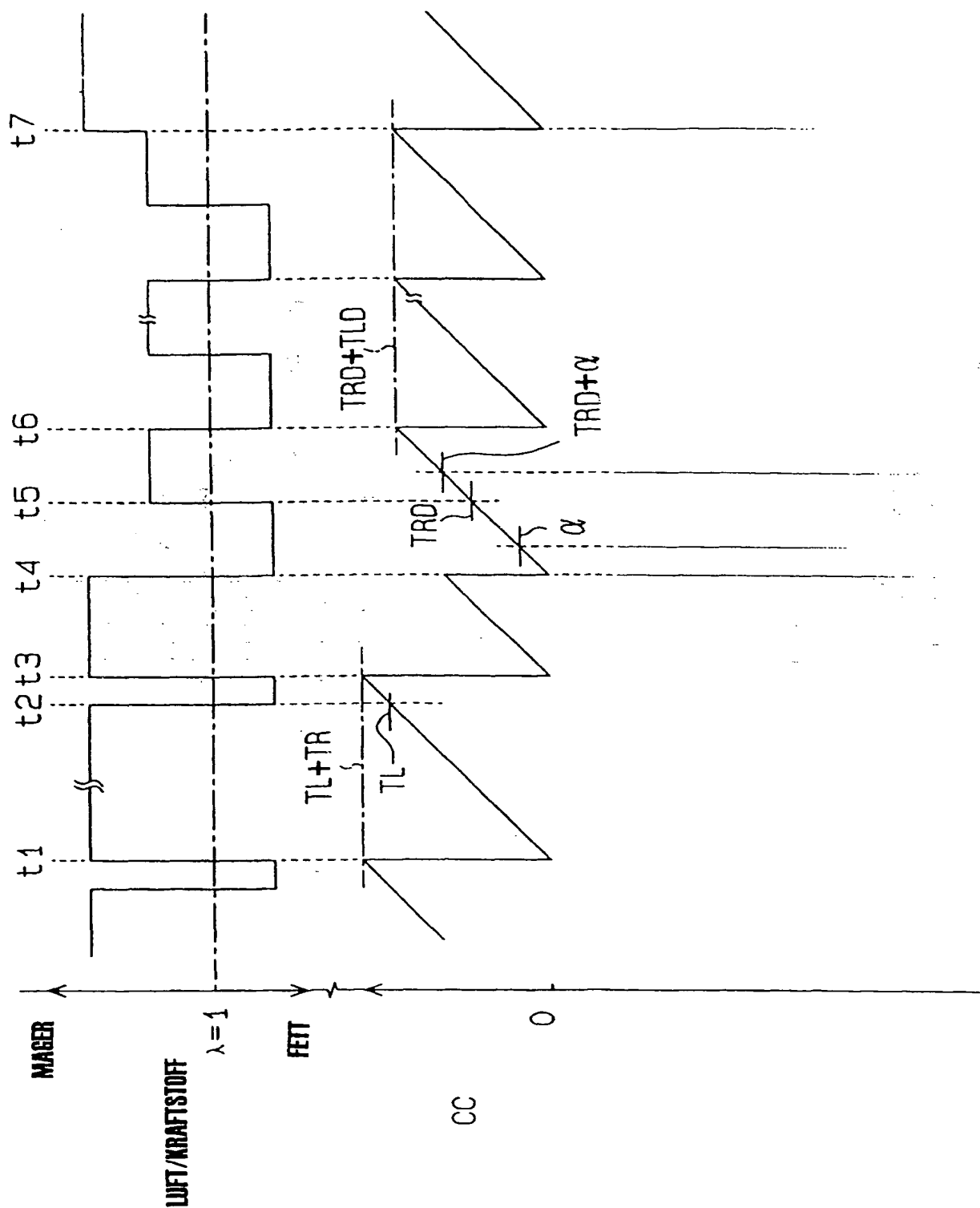


FIG. 12

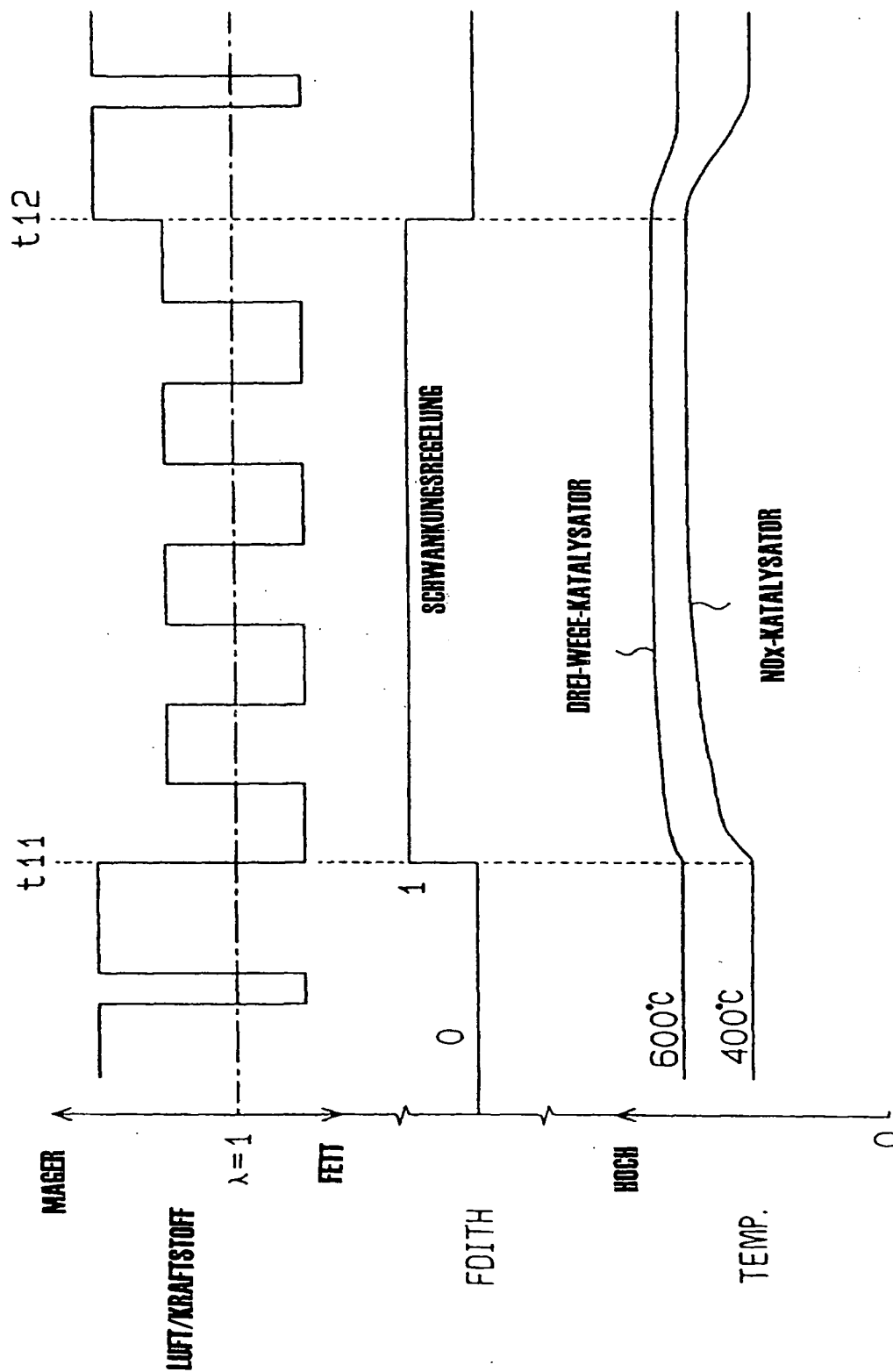




FIG. 13

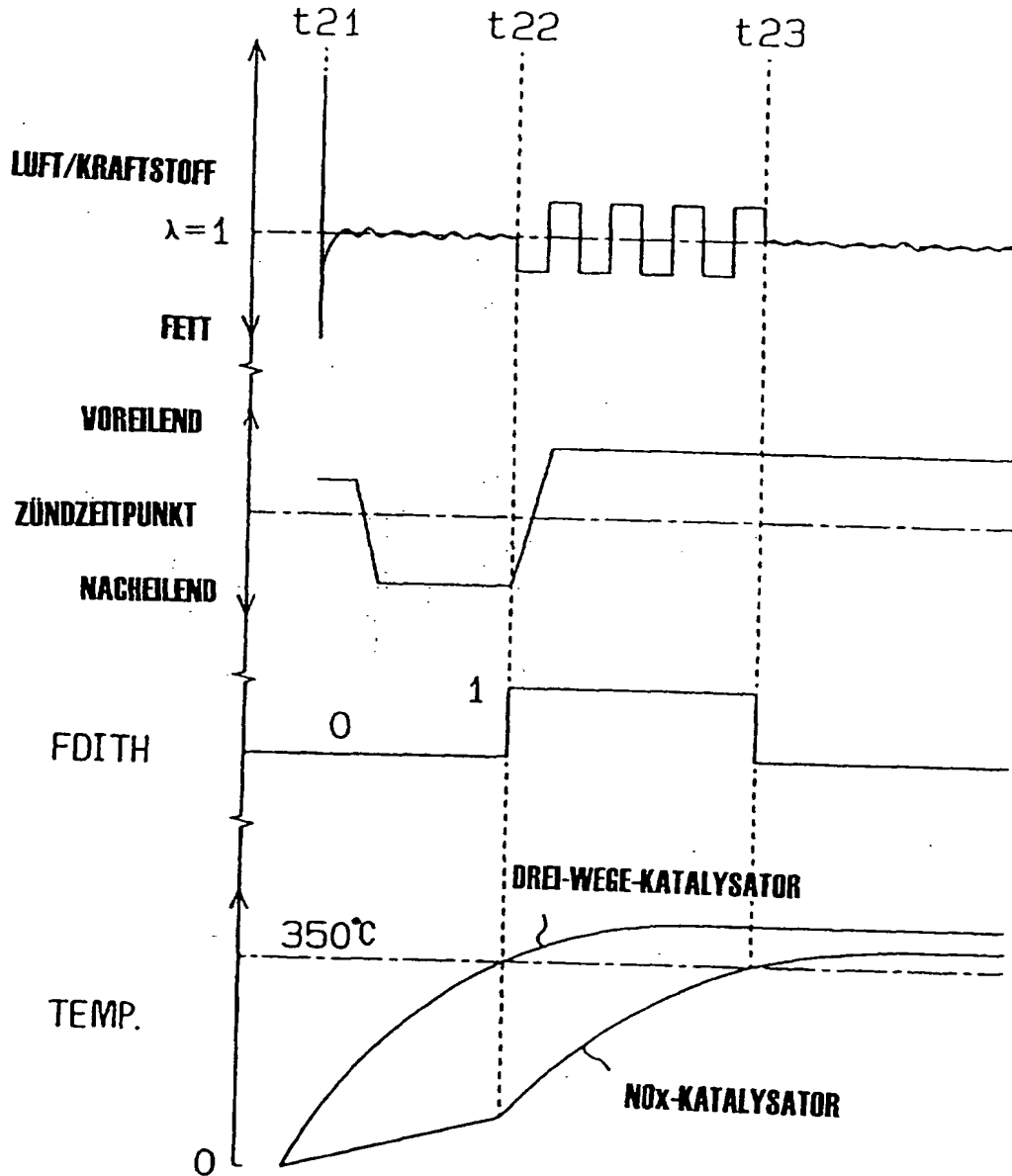


FIG. 14

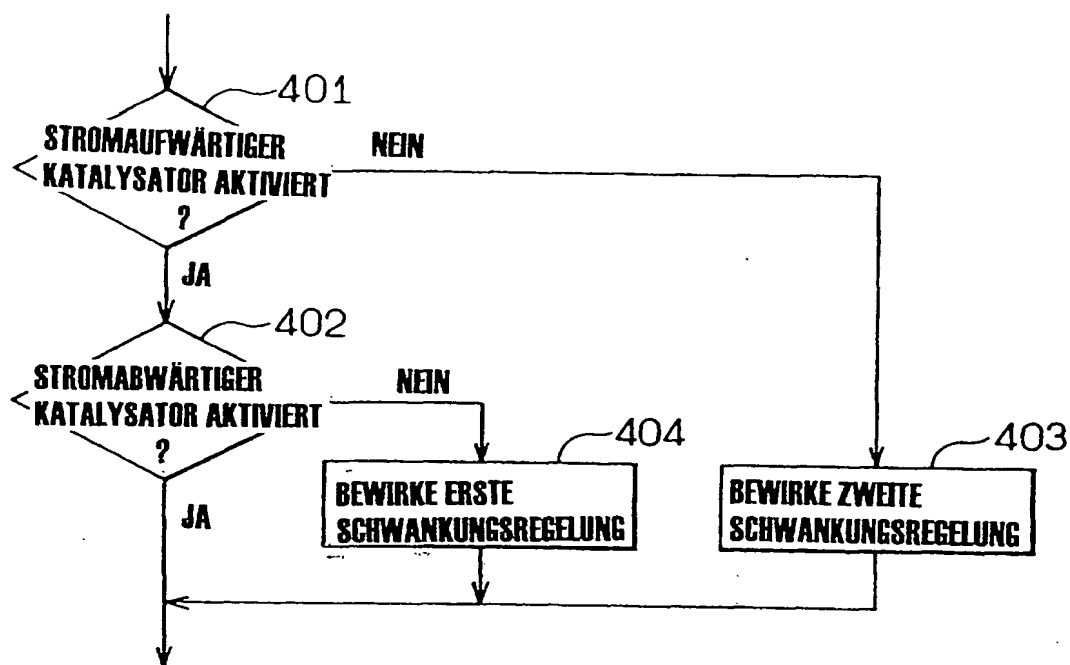


FIG. 15

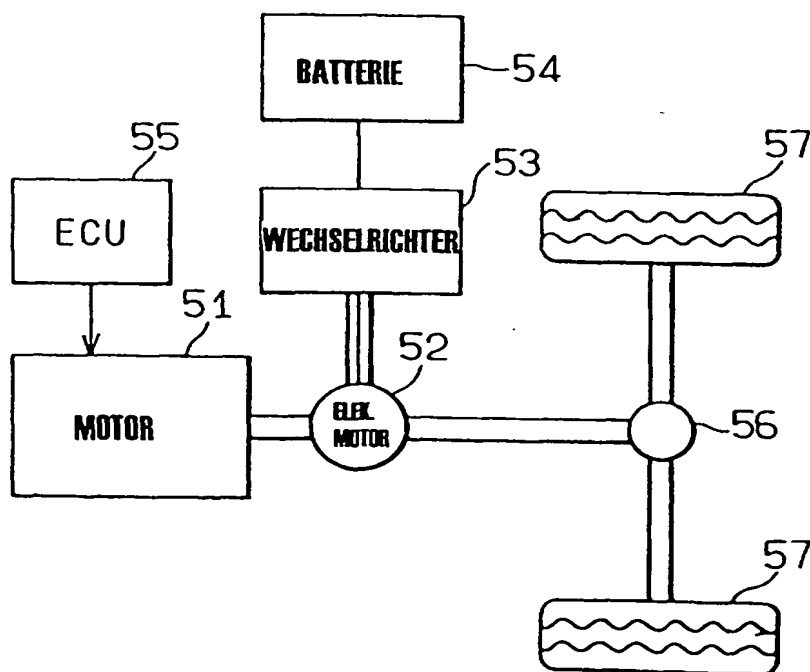
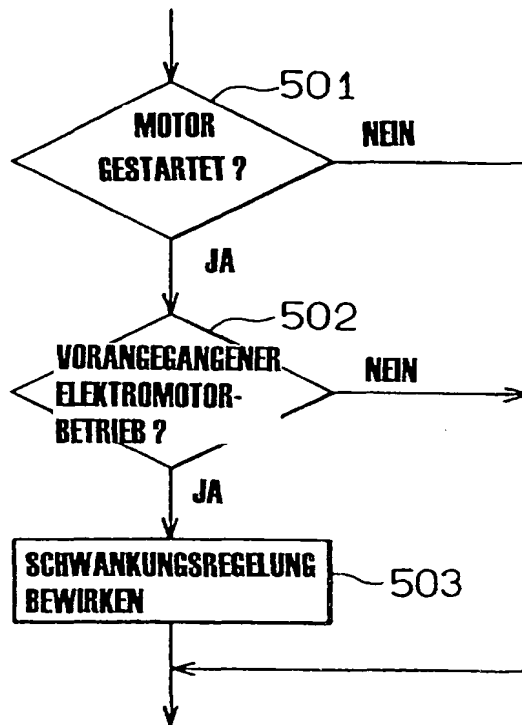


FIG. 16



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**